



Realidade Aumentada móvel combinada com mapas

Miguel Guerreiro de Melo

Mestrado em Engenharia Informática
Especialização em Sistemas de Informação

Dissertação orientada por:
Professora Doutora Maria Beatriz Duarte Pereira do Carmo
e Professora Doutora Ana Paula Pereira Afonso

Agradecimentos

Quero em primeiro lugar agradecer às minhas orientadoras, a Professora Dra. M^a Beatriz do Carmo e a Professora Dra. Ana Paula Afonso, por todo o apoio, disponibilidade, simpatia, orientação e motivação ao longo deste percurso.

Agradeço a todos os que se disponibilizaram a participar nos testes de usabilidade, tornando possível a realização deste trabalho. Pelo vosso tempo e sugestões, o meu obrigado.

A todos os professores que cruzaram o meu caminho e tornaram possível chegar até aqui.

À minha família. Em especial à minha mãe irmãs por sempre acreditarem em mim.

À minha mulher, por todo o apoio e paciência.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para o meu sucesso ao longo destes anos, o meu obrigado.

Resumo

A Realidade Aumentada (RA) é uma tecnologia que permite que as imagens virtuais geradas por computador sobreponham objetos físicos no mundo real, em tempo real. Graças ao avanço tecnológico nos últimos anos, os dispositivos móveis utilizados hoje em dia garantem maiores capacidades de processamento, o que vem permitir o desenvolvimento de aplicações de RA.

Em aplicações cujo foco são ambientes *outdoor* nem sempre é possível controlar a quantidade de informação a representar, o que pode levar a alguns problemas, nomeadamente: a possível sobreposição de pontos, a representação de objetos *off-screen* num mundo 360° e a contextualização do ambiente que rodeia o utilizador.

Este projeto (*ARWithMaps*) vem dar continuidade ao trabalho desenvolvido no âmbito do projeto *InterestAR* (IAR) [1] sobre a visualização de pontos de interesse em ambientes móveis. Este trabalho contempla pistas para objetos *off-screen* e adaptação de relevância através de um código de cores.

Na sequência do trabalho já realizado, este projeto pretende colmatar algumas dificuldades apresentadas na utilização da aplicação IAR, nomeadamente na procura de pontos *off-screen*, bem como a nível da desorientação que muitas vezes o utilizador sente, quando passa de uma vista de RA tridimensional para um mapa bidimensional.

Neste sentido, foi realizado um protótipo designado de *ARWithMaps* (ARWM) que utiliza técnicas com mapas (uma vez que é um tipo de visualização habitualmente utilizada) em conjunto com a visão de realidade aumentada. Esta conjugação permitirá ao utilizador ter uma visão mais contextualizada da sua posição e orientação em relação ao ambiente que o rodeia. Neste contexto, foram elaboradas e testadas três técnicas diferentes: RA com moldura + mapa, RA com mini mapa e RA com radar.

A avaliação resultante dos testes concretizados com os participantes permitiu concluir, através do questionário SUS, que visa avaliar a usabilidade, que as três técnicas desenvolvidas, são viáveis de serem utilizadas, uma vez que todas elas apresentaram resultados considerados acima da média do formulário SUS. A técnica que obteve maior pontuação foi a técnica de RA com radar. No entanto, é de realçar que os utilizadores afirmam ter uma maior preferência na utilização da aplicação de RA com mini mapa, uma vez que esta técnica permite ao utilizador ter uma melhor perceção do espaço à sua volta.

Palavras-chave: realidade aumentada, dispositivos móveis, pontos de interesse *off-screen*, mini mapa, mapas, radar, relevância.

Abstract

Augmented Reality (AR) is a technology that enables computer-generated virtual images to superimpose real-world physical objects in real-time. Thanks to technological advances in recent years, the mobile devices used nowadays guarantee greater processing capabilities, which allows the development of AR applications.

In applications that focus on outdoor environments it is not always possible to control the amount of information to represent, which can lead to some problems, namely: possible overlapping points, the representation of off-screen objects in a 360° world and the contextualization of the environment surrounding the user.

This project (ARWithMaps) continues the work developed in the project named *InterestAR* (IAR) [1] about the visualization of points of interest in mobile environments. This work contemplates clues for off-screen objects, and adapting relevance through color-coding.

Following the work already done, this project intends to overcome some difficulties presented in the use of the IAR application, namely in the search for off-screen points, as well as the level of disorientation that the user often feels when passing from a three-dimensional RA view for a two-dimensional map.

In this sense, a prototype called *ARWithMaps* (ARWM) was used, that uses techniques with maps (since it is a type of visualization usually used) in conjunction with the vision of augmented reality. This conjugation will allow the user to have a more comprehensive overview of his position and orientation in the surrounding environment. In this context, three different techniques were elaborated and tested: AR with frame + map, AR with mini map and AR with radar.

The evaluation resulting from the tests carried out with the participants allowed us to conclude, through SUS questionnaire, which aims to evaluate usability, that the three techniques are able to be used, since all of them got a great result, being above average in the SUS scale. Although all techniques presented above-average results, the technique that obtained highest results was AR with radar.

However, it is noteworthy that users claim to have a greater preference in the application of AR with mini map, since this technique allows the user to have a better perception of the space around them.

Keywords: augmented reality, mobile devices, points of interest off-screen, mini map, maps, radar, relevance.

Índice

1	Introdução	1
1.1	Motivação	1
1.2	Objetivos e Contribuições	1
1.3	Metodologia e Desenvolvimento	2
1.4	Organização do Documento	2
2	Trabalho Relacionado	3
2.1	Realidade Aumentada	3
2.1.1.	Sistemas de Realidade Aumentada	4
2.1.2.	Tipos de <i>Tracking</i>	9
2.2	Técnicas de Visualização <i>Off-screen</i>	12
2.2.1.	Abordagens Baseadas em Mapas	12
2.2.2.	Abordagens Baseadas em RA	16
2.2.3.	Sumário e Discussão	20
3	Protótipo ARWM	21
3.1	Contexto	21
3.2	Modelo de Dados	21
3.3	Técnicas de Visualização	22
3.3.1.	RA com Moldura + Mapa	23
3.3.2.	RA com Mini Mapa	28
3.3.3.	RA com Radar	29
3.4	Arquitetura e Implementação do ARWM	30
3.4.1.	Desenho da Arquitetura	30
3.4.2.	Implementação de Funcionalidades	34
4	Avaliação e Resultados	38
4.1	Plano de Avaliação	38
4.2	Tarefa	40
4.3	Hipóteses	40
4.4	Protótipo de Teste	41
4.5	Estudo com Utilizadores	42
4.5.1.	Participantes	42
4.5.2.	Análise de Resultados	43

4.6 Sumário e Discussão.....	51
5 Conclusão e Trabalho Futuro	52
5.1 Conclusão	52
5.2 Trabalho Futuro.....	53
6 Bibliografia	54
7 Anexos.....	57
Anexo A – Questionário Realizado aos Utilizadores	57
Anexo B – Formulário de Consentimento Informado	65
Anexo C – Resultados dos Questionários aos Utilizadores	67

Lista de Figuras

Figura 2.1 - Representação do espectro contínuo Realidade	3
Figura 2.2 - Tipos de classificação de ecrãs para sistemas de RA [6].	4
Figura 2.3 - Diagrama conceptual de um ecrã do tipo <i>Video See-Through HMD</i> [4].....	5
Figura 2.4 - Diagrama conceptual de um ecrã do tipo <i>Optical see-through HMD</i> [4].....	6
Figura 2.5 - Tabuleiro de xadrez "GO" 3D, gerado por computador	7
Figura 2.6 - Diagrama simplificado de um <i>Retinal Display</i> [6].....	8
Figura 2.7 Métodos de <i>tracking</i> existentes no contexto de RA [5].....	10
Figura 2.8 Representação de pontos <i>off-screen</i> utilizando a técnica <i>Halo</i> [16].....	13
Figura 2.9 Representação de pontos <i>off-screen</i> – <i>HaloDot</i> com relevância [17].	14
Figura 2.10 <i>Overview + Detail</i> [19].....	15
Figura 2.11 <i>Focus + Context</i> [19].....	15
Figura 2.12 Visualização de elementos <i>off-screen</i> – <i>Ambient Grids</i> [20].....	16
Figura 2.13 <i>InterestAR</i> : protótipo de visualização <i>off-screen</i> [1].....	17
Figura 2.14 Interface do <i>SidebARs</i> [21].	18
Figura 2.15 Halo 3D	19
Figura 2.16 Vista “ <i>Monocle</i> ” – Aplicação <i>Yelp</i>	20
Figura 3.1 Representação da vista de RA com moldura e POI <i>off-screen</i>	24
Figura 3.2 Representação dos POI sobre a vista de mapa.....	24
Figura 3.3 Simbologia utilizada no ARWM.....	25
Figura 3.4 Esquema representativo da sinalização em RA	26
Figura 3.5 Visualização no mapa de POI em redor do utilizador.	27
Figura 3.6 Técnica de visualização <i>off-screen</i> RA com mini mapa.....	28
Figura 3.7 Técnica de visualização <i>off-screen</i> RA com Radar.....	29
Figura 3.8 Arquitetura do protótipo ARWM.	31
Figura 3.9 Vista de radar com POI	33
Figura 3.10 Variáveis utilizadas no cálculo da rotação do dispositivo [29].	35
Figura 4.1 Questionário SUS original vs versão correspondente em português [32].	39
Figura 4.2 Botão à esquerda - tarefa. Botão à direita - modo livre.	41
Figura 4.3 Gráfico de preferência dos participantes	46
Figura 4.4 Respostas dos participantes à questão Q1 – RA com moldura + mapa	48
Figura 4.5 Respostas dos participantes à questão Q1 – RA com mini mapa.....	48
Figura 4.6 Respostas dos participantes à questão Q1 – RA com radar	48
Figura 4.7 Respostas dos participantes à questão Q3 – RA com moldura + mapa	49
Figura 4.8 Respostas dos participantes à questão Q3 – RA com mini mapa.....	49
Figura 4.9 Respostas dos participantes à questão Q3 – RA com radar	49
Figura 4.10 Respostas dos participantes à questão Q5 – RA com moldura + mapa	50
Figura 4.11 Respostas dos participantes à questão Q5 – RA com mini mapa	50
Figura 4.12 Respostas dos participantes à questão Q5 – RA com radar	50

Lista de tabelas

Tabela 3.1 BD do protótipo ARWM	22
Tabela 3.2 Relação entre a relevância e transparência dos POI.	23
Tabela 3.3 Representação da cor da relevância de acordo com o valor atribuído.	36
Tabela 4.1 - Questionário SUS em Português.....	43
Tabela 4.2 - Resultados dos testes para a técnica RA com moldura + mapa	44
Tabela 4.3 Resultados dos testes para a técnica de RA com mini mapa	44
Tabela 4.4 Resultados dos testes para a técnica de RA com radar	45
Tabela 4.5 Média do valor SUS para cada uma das técnicas testadas	45

Acrónimos, siglas e termos utilizados

Android	Sistema operativo móvel desenvolvido pela empresa <i>Alphabet</i> (Google)
Ambient Grids	Técnica que utiliza os "bordos" da janela de exibição para a visualização de elementos <i>off-screen</i> num mapa, através de uma agregação em grelha.
ARWM	Aplicação Realidade Aumentada com Mapa (<i>Augmented Reality with maps</i>).
Callback	Pedaco de código executável que é passado como argumento, executado (de forma assíncrona) após terminar o processamento.
context + focus	Abordagem que fornece duas vistas de mapa separadas em simultâneo, uma de contexto e outra de detalhe, normalmente através de ampliação.
DB	Base de dados. (Database)
frustum	A palavra <i>frustum</i> refere-se a uma forma sólida que se parece com uma pirâmide com a parte superior cortada paralelamente à base. É a forma da região que pode ser vista e renderizada por uma câmara em perspetiva.
GPS	Sistema de localização global (<i>Global Positioning System</i>).
GSM	Sistema Global para Comunicação Móvel (<i>Global System for Mobile Communication</i>).
Halo e HaloDot	A técnica Halo permite representar pistas <i>off-screen</i> sobre um mapa 2D desenhando circunferências em torno dos objetos <i>off-screen</i> de forma a que o arco seja visível. A técnica <i>HaloDot</i> para além do arco tem em conta ainda a representação da relevância.
Hand-Held	Ecrãs manuseados pelo utilizador.
Head-Attached	Ecrãs de acoplamento à cabeça.
Heading-up	A orientação do mapa roda automaticamente em relação à orientação do utilizador.
IDE	Ambiente de desenvolvimento integrado (IDE). Software que consolida as ferramentas básicas necessárias para escrever e testar software. (<i>Integrated Development Environment</i>)
InterestAR (IAR)	Aplicação de realidade aumentada com o nome de <i>Interest Augmented Reality</i> .
North-up	A orientação do mapa permanece estática em relação ao utilizador. O mapa está sempre virado para norte.
off-screen	Fora da área visível do ecrã.
Optival See-Thorough	Sistema de realidade aumentada em que o utilizador observa diretamente o mundo real através de um ecrã transparente, em que objetos virtuais são adicionados.
POI	Ponto de interesse (<i>Point of Interest</i>).

POJO	Classe normal em Java que serve como recipiente para uma estrutura de dados. (<i>Plain Old Java Object</i>)
<i>Projective</i>	Sistema de realidade aumentada que projeta imagens diretamente nas superfícies de objetos físicos.
RA	Realidade Aumentada.
<i>Retinal display</i>	Tipo de ecrãs que geram imagens utilizando lasers semicondutores de baixa potência para enviar luz modulada diretamente para a retina do utilizador.
RGB	RGB (<i>Red, Green, Blue</i>) - Modelo aditivo de cores, no qual as luzes vermelha, verde e azul são combinadas de várias maneiras para reproduzir uma ampla variedade de cores.
SDK	Conjunto de programas utilizados para desenvolver aplicações. (<i>Software Development Kit</i>)
SGBD	Sistema de gestão de base de dados.
<i>SidebARs</i>	Aplicação de realidade aumentada que utiliza duas barras laterais para incluir pistas de pontos de interesse <i>off-screen</i> .
<i>SQLiteHandler</i>	O <i>SQLiteHandler</i> é uma classe auxiliar na gestão de bases de dados, para o sistema operativo <i>Android</i> .
SUS	Escala de Usabilidade de Sistemas (<i>System Usability Scale</i>) Instrumento para a avaliação da usabilidade de produtos e interfaces de utilizador.
<i>Tracking</i>	Técnica que permite localizar a posição de um utilizador no espaço físico do ambiente que o rodeia.
<i>Video See-Through</i>	Sistema de realidade aumentada que exhibe um vídeo em tempo real, em que elementos virtuais são adicionados.
<i>Warm-cold</i>	Analogia quente-frio que representa os pontos de interesse de maior relevância por cores quentes (vermelho) e de menor relevância por cores frias (azul).

1 Introdução

1.1 Motivação

Nos últimos anos têm-se verificado um elevado crescimento no segmento dos dispositivos móveis, devido à possibilidade de embeber um enorme conjunto de funcionalidades, aliada à mobilidade e à crescente capacidade de processamento desses equipamentos.

Tais funcionalidades vieram facilitar o manuseamento de certas aplicações bem como impulsionar o uso de tecnologias, tais como a Realidade Aumentada (RA).

No entanto, estes dispositivos apresentam várias limitações, comparativamente aos computadores atuais. Por exemplo, o consumo da bateria, tamanho do ecrã, conectividade e processamento, são alguns dos problemas que obrigam a um trabalho de investigação acrescido aquando do desenvolvimento de aplicações de realidade aumentada exigentes em termos de processamento, uma vez que colocam objetos virtuais sobre a imagem real.

Por outro lado, nas aplicações móveis de RA a informação a representar no mundo real, existe a 360°, e o utilizador sente a necessidade de rodar o ecrã até encontrar os objetos pretendidos, uma vez que está limitado ao campo de visão da câmara, o que nem sempre se revela trivial [2].

De forma a mitigar esta questão, e fornecer uma vista 360° ao mesmo tempo que se utiliza a RA, este projeto recorre ao uso de mapas para auxiliar a procura de pontos *off-screen*, bem como contextualizar a localização do utilizador.

1.2 Objetivos e Contribuições

Este projeto tem como objetivo desenvolver novas técnicas de RA na procura de pontos *off-screen*, tendo como base o trabalho desenvolvido no projeto *InterestAR*, avaliando as soluções encontradas no que se refere à inclusão de pistas sobre a existência de objetos relevantes fora do campo de visão (objetos *off-screen*), aliando-as ao uso e interação com mapas 2D, de forma a dar uma perspetiva dos POI existentes em redor do utilizador, bem como facilitar a procurar dos pontos que lhes sejam relevantes.

Principais contribuições deste trabalho:

- Análise das tecnologias existentes e dos problemas atuais na procura de pontos *off-screen* na área da realidade aumentada.

- Proposta de soluções alternativas para a combinação de mapas com RA de modo a identificar objetos *off-screen*.
- Avaliação e comparação das soluções propostas concretizadas no projeto ARWM (*Augmented Reality With Maps*).

1.3 Metodologia e Desenvolvimento

No desenvolvimento do protótipo ARWM, optou-se pela utilização de uma metodologia de validação experimental, que permitisse assim adaptar o desenvolvimento das soluções, de forma a encontrar e desenvolver soluções propostas pelos utilizadores.

O desenvolvimento deste trabalho foi decomposto nas seguintes fases:

- Numa primeira fase procedeu-se à pesquisa e avaliação bibliográfica;
- Na segunda fase propuseram-se soluções para os problemas identificados;
- A terceira fase consistiu na elaboração e implementação do protótipo ARWM;
- Na quarta fase realizou-se a fase de testes com utilizadores e avaliação dos resultados obtidos.

1.4 Organização do Documento

Este documento está organizado da seguinte forma:

- Capítulo 2 – São apresentados os conceitos de RA e trabalhos relacionados.
- Capítulo 3 – Onde é descrito o processo de desenvolvimento desde o desenho até à implementação do protótipo ARWM.
- Capítulo 4 – Onde são descritos os testes de avaliação e os respetivos resultados.
- Capítulo 5 – Conclusão e trabalho futuro.

2 Trabalho Relacionado

Neste capítulo será efetuada uma breve descrição sobre a RA, onde serão abordados conceitos e algumas técnicas acerca do trabalho proposto e apresentados *SDK's* de desenvolvimento de aplicações móveis da atualidade, para o desenvolvimento de cenários de RA, bem como as técnicas de *tracking* existentes.

2.1 Realidade Aumentada

Em 1994 Milgram, Takemura, Utsumi, e Kishino apresentaram uma definição de Realidade Aumentada, descrevendo-a como um espectro contínuo onde os extremos são compostos pelo mundo real e mundo virtual. Enquanto que, na Realidade Virtual o utilizador fica imerso num ambiente sintético em que não consegue ver o mundo à sua volta, inversamente, a Realidade Aumentada permite ao utilizador ver os objetos virtuais sobrepostos no mundo real. Desta forma os objetos virtuais encontram-se combinados com a realidade [3]. Este conceito é ilustrado na Figura 2.1, que representa a Realidade Aumentada e a Realidade Virtual como as extremidades de um contínuo e em que a Realidade Mista inclui os diferentes tipos de realidade:

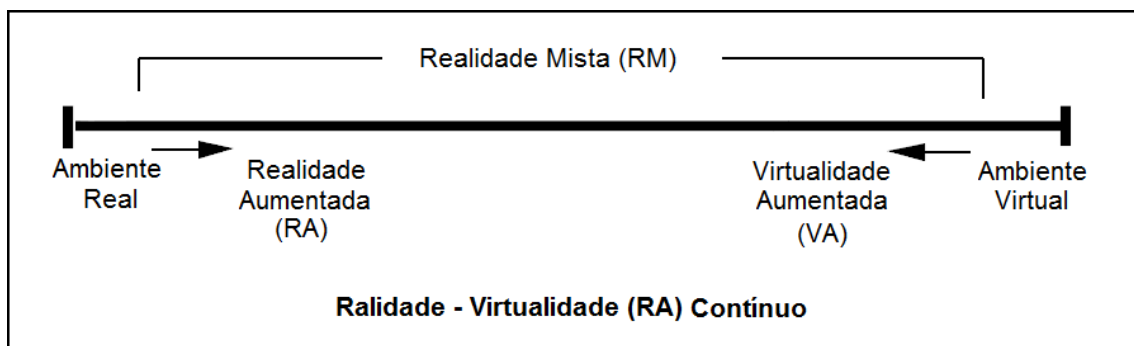


Figura 2.1 - Representação do espectro contínuo Realidade – Virtualidade segundo Milgram, Takemura, Utsumi, & Kishino [3].

Em 1997, foi apresentada uma definição de realidade aumentada por Ronald T. Azuma. Segundo esta definição, a Realidade Aumentada é uma variação de Realidade Virtual, que funciona como extensão da percepção do utilizador com informação virtual. Para Azuma [4], um sistema de Realidade Aumentada é aquele que combina objetos virtuais com o ambiente real. Interage e processa em tempo real e é concebido em três

dimensões. Esta foi a definição, que gerou mais consenso, e incorpora *tracking* não visual dando ênfase à informação espacial, o que permite representar objetos num certo ponto geográfico de uma forma simples e intuitiva.

2.1.1. Sistemas de Realidade Aumentada

Os sistemas de realidade aumentada, são baseados em ecrãs (*displays*). Estes sistemas de formação de imagem requerem um conjunto de componentes, óticas, eletrónicas e mecânicas para que seja possível gerar imagens entre o olho do utilizador e o objeto físico.

Dependendo da ótica utilizada, a imagem pode ser formada num plano ou numa superfície não plana mais complexa [5].

A Figura 2.2 ilustra as várias possibilidades, onde a imagem pode ser formada, onde os ecrãs estão localizados em relação ao observador e ao objeto real, e que tipo de imagem é produzida (seja planar ou curva).

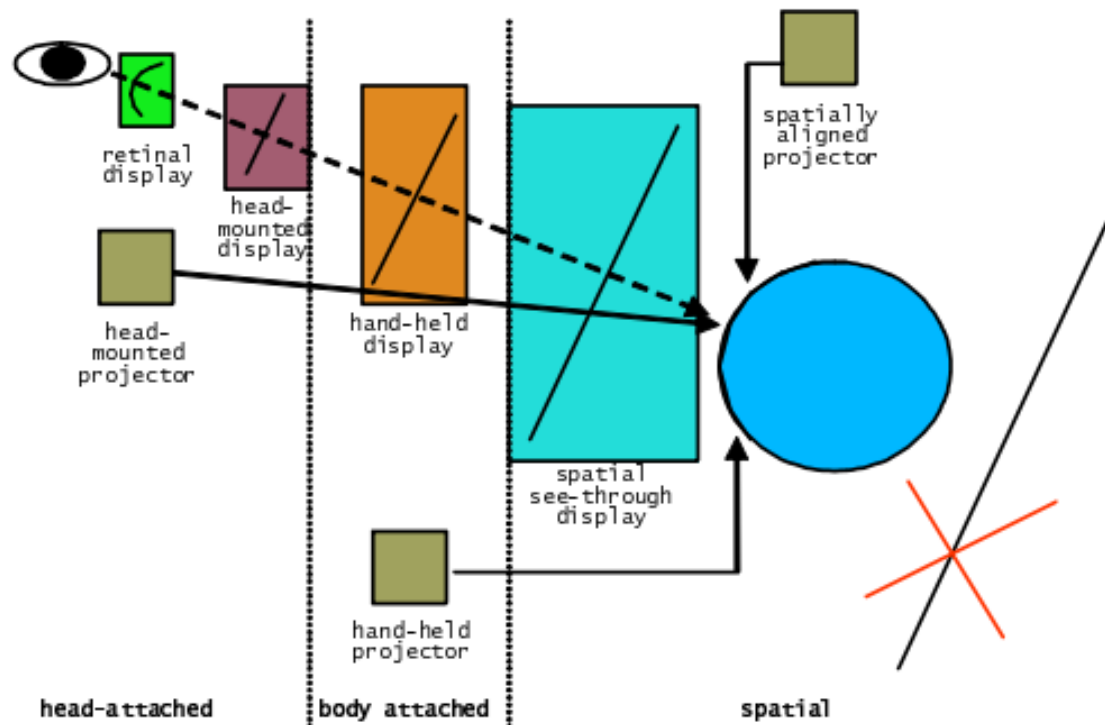


Figura 2.2 - Tipos de classificação de ecrãs para sistemas de RA [6].

Os ecrãs utilizados em realidade aumentada podem ser classificados pelo tipo de informação que contêm ou de acordo com a sua forma de utilização.

Tipos de ecrãs classificados pelo tipo de informação que contêm:

- **Video See-Through** (visualização através de vídeo);
- **Optical See-Through** (visualização através de superfícies transparentes);
- **Projective** (visualização através de uma projeção dos elementos virtuais no mundo real).

Tipos de ecrãs classificados de acordo com a sua forma de utilização:

- **Head-Attached** (acoplados à cabeça);
- **Hand-Held** (segurado pelas mãos);
- **Spatial** (em frente ao utilizador sem que este o esteja a suportar).

2.1.1.1. Video See-Through

No *video see-through*, o utilizador vê o mundo real através de um ecrã, que exibe um vídeo em tempo real, cujos elementos virtuais são adicionados.

Estes ecrãs são imersivos e frequentemente utilizados em Realidade Virtual.

A Figura 2.3 ilustra os princípios de visualização do *video see-through*.

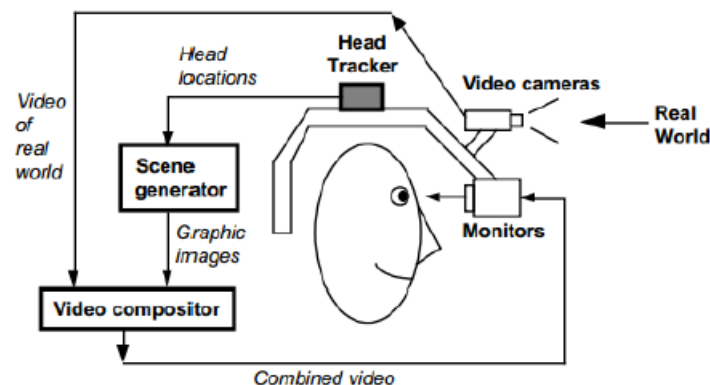


Figura 2.3 - Diagrama conceptual de um ecrã do tipo *Video See-Through HMD* [4].

Este tipo de ecrãs tem como vantagens:

- O alinhamento de objetos virtuais com a realidade pode ser executado com muita precisão;
- Facilidade de integrar ou remover elementos virtuais no ambiente real e também na forma como é possível controlar a luminosidade e contraste dos elementos virtuais de acordo com o ambiente real [6];
- Possibilidade de obter um campo de visão mais amplo e aplicar técnicas de *tracking* através da análise do vídeo [3].

No entanto, apresentam como desvantagens:

- O facto deste tipo de sistemas serem imersivos podem causar náuseas aos utilizadores, uma vez que o vídeo mostrado não corresponde à visão periférica do utilizador do mundo real;
- A resolução do ambiente real captado é limitada, sendo inferior à da fóvea humana, podendo tornar-se menos confortável para o utilizador [3].

2.1.1.2. *Optical See-Through*

No *Optical see-through*, o utilizador observa diretamente o mundo real através de um ecrã transparente, cujos objetos virtuais são gerados diretamente no campo de visão do utilizador [3].

Os "Google Glasses" são um exemplo deste tipo de ecrã.

A Figura 2.4 ilustra os princípios dos ecrãs *optical see-through*.

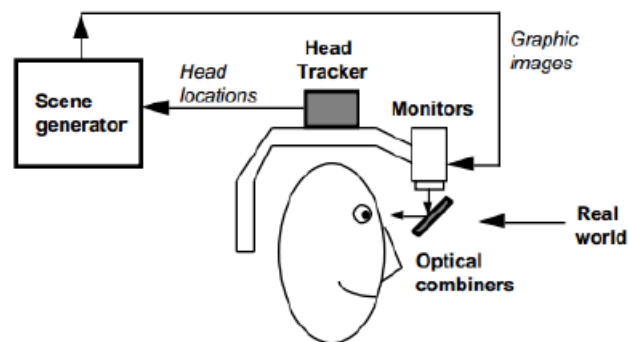


Figura 2.4 - Diagrama conceptual de um ecrã do tipo *Optical see-through* HMD [4].

Este tipo de ecrãs tem como vantagens:

- Mais seguros, pois o utilizador nunca perde o contato com o mundo físico nem sofre do efeito de paralaxe;
- A resolução apresentada do mundo real é a real.

No entanto, apresentam como desvantagens:

- Necessita de mais recursos para o *tracking*;
- Maior dificuldade de alinhar os objetos virtuais e reais ao mesmo tempo;
- Pouco indicados para utilizações no exterior, pelo facto dos elementos virtuais se apresentarem semitransparentes, o que implica uma baixa definição dos mesmos.

2.1.1.3. Projective

Os ecrãs do tipo *projective* usam projeção frontal para projetar imagens diretamente nas superfícies de objetos físicos, sendo por isso capazes de cobrir grandes superfícies para um amplo campo de visão.

No entanto este tipo de ecrãs é indicado para se usar exclusivamente no interior devido ao baixo brilho e contraste das imagens projetadas [6].

A Figura 2.5 ilustra um sistema do tipo *projective*, onde é projetado um tabuleiro de xadrez do jogo "GO" em que um jogador joga contra um adversário remoto [7].

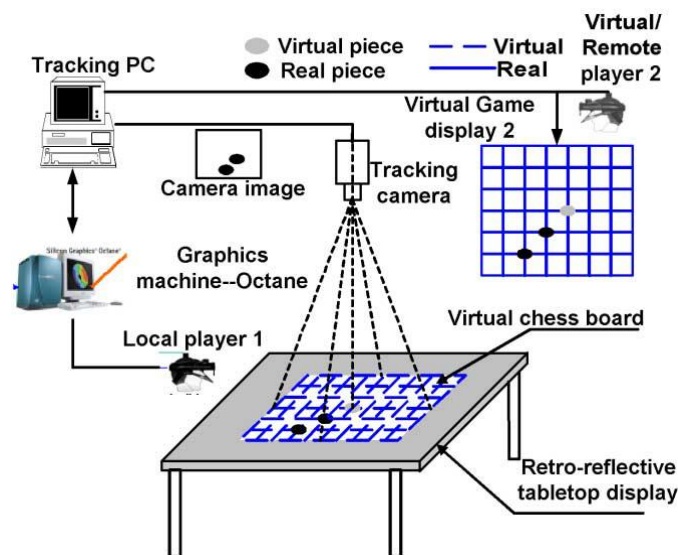


Figura 2.5 - Tabuleiro de xadrez "GO" 3D, gerado por computador, projetado numa mesa com uma superfície retro refletiva [7].

2.1.1.4. Head- Attached

O tipo de sistemas que utiliza técnicas de acoplamento à cabeça requer que o utilizador use o sistema de exibição acoplado à cabeça. Existem quatro tipos de ecrãs que se distinguem pela tecnologia de geração de imagens:

Video *See-Through HMDs*, Optical *See-Through HMDs*, *Head-Mounted Projective Displays (HMPD)* e *Retinal Displays*.

Head-Mounted Projective Displays

Os *Head-Mounted Projective Displays* (HMPD), redirecionam o *frustum* de projeção com um espelho divisor de feixes para que as imagens sejam transmitidas para superfícies retro refletivas localizadas à frente do visualizador. As superfícies refletivas são cobertas por muitos milhares de cubos, que têm a capacidade de refletir a luz de volta ao longo da sua direção incidente. Este efeito é semelhante ao que acontece com os filmes holográficos utilizados em superfícies de projeção transparentes. No entanto, os filmes holográficos são projetados de volta, enquanto nas superfícies refletivas, são projetados para a frente [6].

Retinal Displays

Os *Retinal Displays*, representado pela Figura 2.6, utiliza lasers semicondutores de baixa potência para enviar luz modulada diretamente para retina do utilizador. São indicados para uso exterior uma vez que apresentam uma alta luminosidade, contraste e um baixo consumo de energia. Desta forma, produzem uma imagem muito mais brilhante e de maior resolução, com um campo de visão potencialmente mais amplo do que os ecrãs convencionais. O seu baixo consumo de energia torna-os adequados para aplicações móveis ao ar livre.

No entanto, estes ecrãs apenas apresentam imagens monocromáticas (vermelhas), pois não existem lasers azuis e verdes de baixa potência a um preço acessível. Apresentam ainda um comprimento de foco fixo e não existem versões estereoscópicas.

Apesar dos diferentes tipos de ecrã, os *Head-Attached displays* sofrem de problemas a nível tecnológico e ergonómico, tornando-se assim ineficaz o seu uso efetivo em todas as áreas de aplicação [6].

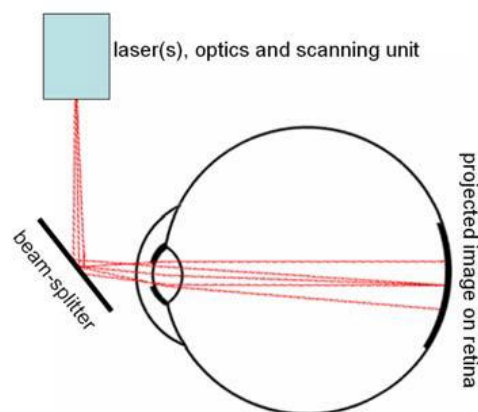


Figura 2.6 - Diagrama simplificado de um *Retinal Display* [6].

2.1.1.5. *Hands - Held*

Os sistemas que utilizam ecrãs manuseados pelo utilizador requerem que o utilizador segure os dispositivos com as mãos, tornando-os por consequência, altamente móveis. Esta categoria de ecrãs apesar de serem mais volumosas do que os *HDM's* são melhores para construir aplicações de realidade aumentada em massa, pois para além de serem fáceis de utilizar, apresentam um baixo custo de produção.

Nesta categoria de ecrãs podem-se incluir os *Hand-Held Video/Optical See-Through Displays* e os *Hand-Held Projectors* [8].

Este tipo de ecrãs apresentam a desvantagem de não permitirem que o utilizador tenha as suas mãos livres para poder realizar outras tarefas em simultâneo [6].

2.1.1.6. *Spatial*

Ao contrário dos tipos de ecrãs apresentados anteriormente, os ecrãs do tipo espacial destacam-se por requerem um menor contacto físico com o utilizador, sendo integrados no ambiente que rodeia o utilizador.

Tipicamente, neste tipo de ecrãs podem ser incluídos, o *video see-through*, *optical see-through* ou *projective*.

2.1.2. Tipos de *Tracking*

No contexto de Realidade Aumentada o processo de *tracking* permite localizar a posição de um utilizador no espaço físico do ambiente que o rodeia. Quanto maior for a precisão do GPS, mais realistas serão os resultados obtidos.

Erkan Bostanci [5] divide as técnicas de *tracking* em 4 grandes categorias: interior, exterior, estratégias híbridas e estratégias emergentes.

A Figura 2.7 representa os diversos sistemas de *tracking* que existem atualmente.

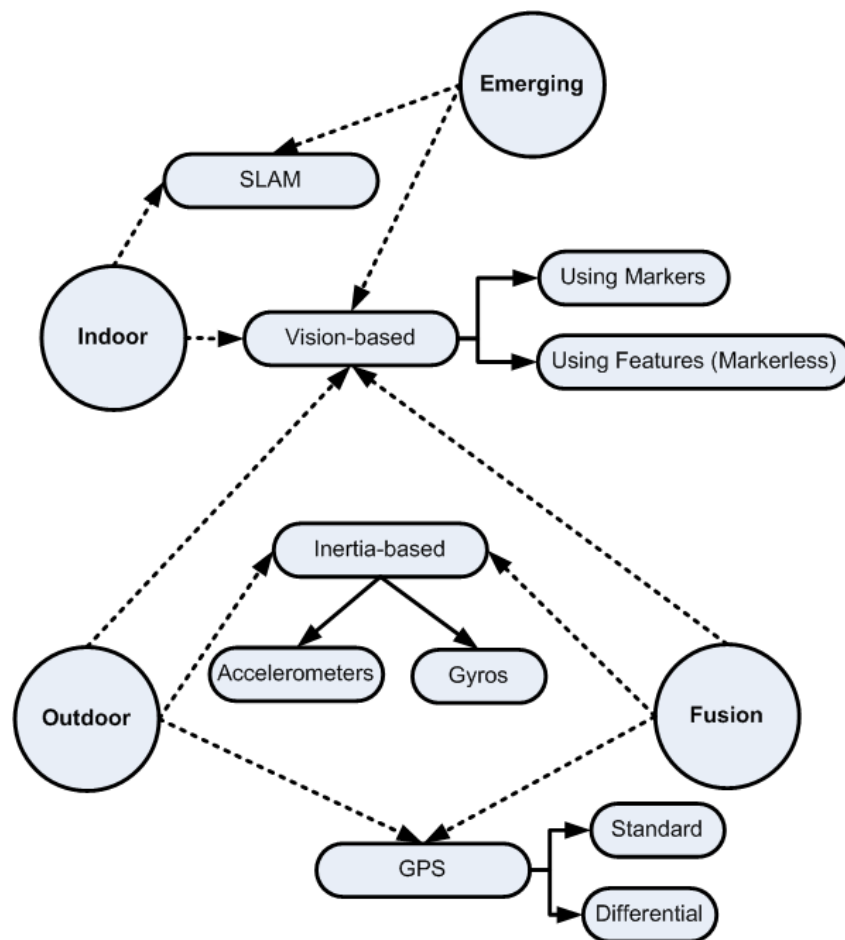


Figura 2.7 Métodos de *tracking* existentes no contexto de RA [5].

2.1.2.1. Tracking Baseado na Visão

Este tipo de *tracking* é normalmente utilizado em ambientes interiores, onde existe maior controlo sobre o ambiente circundante. Como o próprio nome sugere, este método utiliza a câmara do dispositivo para realizar a deteção de um ou mais objetos de interesse, seja através de marcas fiduciais/marcadores, ou do próprio reconhecimento de objetos do mundo real, ou seja, sem marcadores, projetando assim elementos 3D ao realizar o “*match*” (por exemplo uma aplicação detetar uma mesa ou superfície retangular e ao realizar o “*match*” projetar um vaso em 3 dimensões em cima da mesa).

As marcas fiduciais/marcadores são elementos que estão no próprio ambiente, mas que se distinguem do mesmo, permitindo que possam ser identificados à parte de outros elementos através de métodos de visão computacional. Estas marcas dividem-se em ativas ou passivas, sendo ativas quando emitem algum tipo de sinal (ex: magnético, luz) que pode ser captado por um sensor, ou passivas quando são definidas como um padrão que pode ser facilmente isolado e identificado no ambiente (ex: *QR codes*) [5].

O reconhecimento sem marcadores por sua vez, procura reconhecer e utilizar os elementos no próprio ambiente, fazendo uso destes como mencionado acima.

2.1.2.2. *Tracking* Baseado em Sensores

O *tracking* baseado em sensores é mais adequado para ambientes exteriores. Ao contrário do método anterior, um ambiente exterior poderá não ser tão fácil de controlar ou de colocar marcadores sem que estes sejam modificados ou danificados por fatores externos, como por exemplo no caso de um parque ou de uma estrada, em que pode surgir uma criança ou um carro e invalidar ou destruir o marcador.

Para além disso, como referido por Azuma [9], num ambiente exterior não é possível andar sempre a mudar marcadores para que este se adapte ao sistema. Por exemplo, numa ação militar não é realista pedir aos soldados para utilizarem objetos de destaque ou coloridos para ajudarem o sistema de *tracking*.

Num ambiente exterior torna-se necessário uma melhor adaptação dos elementos virtuais a apresentar nesta realidade, uma vez que este tipo de ambientes está sujeito a grandes flutuações da luz natural, às variadas condições meteorológicas e a inúmeros tipos de diferentes texturas do ambiente real [10].

Um dos sistemas maioritariamente utilizados em ambientes exteriores é o GPS, que permite a obtenção da posição do utilizador com uma imprecisão máxima de cerca de 20 metros [11] permitindo o cálculo e orientação do utilizador utilizando em simultâneo alguns sensores inerciais [12].

A redução da imprecisão mencionada tem sido alvo de estudo/investigação, tendo sido já noticiada a possibilidade de redução para 30cm nas aplicações móveis para o ano de 2018 [13].

2.1.2.3. *Tracking* de Fusão

O tipo de *tracking* de fusão (*fusion strategies*) utiliza diversos sensores combinados com várias técnicas de *tracking*, interior e exterior com o intuito de aumentar a precisão da localização do utilizador.

O *tracking* de fusão pode ser classificado de duas formas:

- Alto acoplamento

Utiliza diversos sensores que realizam cálculos de forma independente uns dos outros;

- Baixo acoplamento

Utiliza diversos sensores de forma colaborativa com o objetivo de determinar uma única e melhor localização [6].

2.2 Técnicas de Visualização *Off-screen*

Um dos problemas que ocorre na utilização de Realidade Aumentada é encontrar os pontos de interesse desejados, principalmente se estes se encontrarem fora da área visível do dispositivo que está a ser utilizado. Este aspeto pode tornar-se ainda mais difícil, quando falamos dos dispositivos móveis, uma vez que o tamanho de ecrã destes dispositivos, possuem dimensões reduzidas.

Para colmatar este tipo de constrangimentos, existem algumas técnicas que visam facilitar a procura de pontos *off-screen*. Nesta secção serão apresentadas as abordagens mais relevantes quer baseadas em mapas quer baseadas em RA.

2.2.1. Abordagens Baseadas em Mapas

As técnicas *off-screen* utilizadas em mapas, muitas vezes, consistem em adicionar elementos gráficos, destinados a ajudar o utilizador a localizar zonas de interesse fora da área visível [14].

Nesta secção são apresentadas algumas técnicas para a visualização de objetos localizados fora da área visível do ecrã em mapas 2D.

2.2.1.1. Mini Mapa

O mini mapa oferece uma vista 2D, normalmente situado num dos cantos do ecrã. O mini mapa tem como objetivo oferecer uma vista mais abrangente do que rodeia o utilizador permitindo visualizar de forma rápida e coerente o que se encontra à sua volta.

Os mini mapas podem ser apresentados de diversas formas. Existem utilizadores que preferem que o mapa esteja orientado de acordo com a sua orientação (*heading-up*), outros preferem que o mapa mostre sempre o norte (*north-up*) [15].

De acordo com Darken & Cevik [15], os mapas *heading-up* mostraram ser mais eficientes para tarefas de navegação, pois não requerem esforço mental para rodar o mapa de forma a estar alinhado com a posição, reduzindo assim esforços cognitivos.

Ao contrário do anterior, o mapa *north-up* apresenta-se sempre virado para norte independentemente da posição do utilizador, fazendo com que seja mais difícil para o utilizador desenvolver situações de percepção (conhecimento). Quanto maior for o número de objetos representados no mapa, mais difícil se torna a conversão mental requerida pelo utilizador.

Apesar destes problemas, o mini mapa continua a ser uma técnica muito usada, principalmente em jogos, pela sua simplicidade e eficácia em contextos de um número de objetos limitado [15].

2.2.1.2. Halo e HaloDot

O *Halo* é uma técnica criada por Baudisch [16] que permite representar pistas *off-screen* sobre um mapa 2D. As pistas que esta técnica utiliza consistem em desenhar circunferências em torno dos objetos *off-screen*, de forma que as dimensões das mesmas tornem apenas o arco das circunferências visível. Desta forma, é possível representar uma noção da distância e direção a que o utilizador se encontra do centro da circunferência tal como se pode verificar na Figura 2.8.

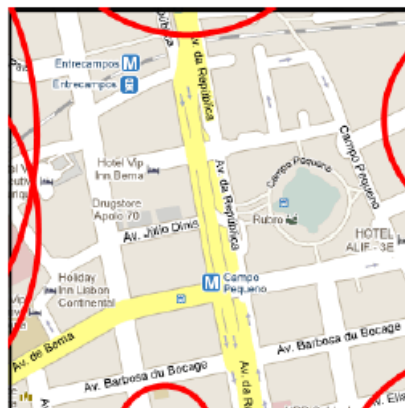


Figura 2.8 Representação de pontos *off-screen* utilizando a técnica *Halo* [16].

Esta técnica, foi estendida por Gonçalves [17], e distingue-se por representar também a relevâncias dos objetos *off-screen*. A esta técnica denomina-se *HaloDot*.

A representação da relevância através da cor dos círculos, é feita com base na analogia *warm-cold*, onde POI mais relevantes são representados por cores quentes e os menos relevantes por cores frias (Figura 2.9).

De forma a simplificar a métrica da variação de cores, esta técnica utiliza apenas 3 cores [17]. Os objetos relevantes são representados por círculos vermelhos (cor quente), objetos de menor relevância são representados por círculos azuis (cor fria) e por fim, objetos de relevância intermédia são representados por círculos de cor magenta, uma vez que esta é a cor que se situa entre o vermelho e o azul na escala RGB (*Red, Green, Blue*).

O *HaloDot* associa ainda a transparência à distância do objeto, de maneira a quanto maior é a distância ao objeto representado, maior será a sua transparência. Figura 2.9.



Figura 2.9 Representação de pontos *off-screen* – *HaloDot* com relevância [17].

A extensão da técnica *HaloDot* com representação da relevância mostrou-se bastante eficaz na identificação de pontos *off-screen*. No entanto, esta técnica não trata do problema da sobreposição de pontos, o que se pode tornar bastante problemático em zonas com grande densidade de informação.

2.2.1.3. *ArroundPlot*

O *ArroundPlot* é uma técnica que apresenta uma interface *context + focus* de forma a representar múltiplas indicações de localizações, para pontos de interesse *off-screen*. Proposta por Jo, Hwang, Park, & Ryu [18], esta técnica consiste em duas partes. A primeira consiste no mapeamento de coordenadas 3D esféricas, para uma vista ortogonal, que aborda os problemas de indicações da localização de pontos 3D existentes, tais como a oclusão de pontos, ou a distância entre o POI e o eixo de referência humano. Para isso, cada borda à esquerda/direita/cima/baixo correspondem aos movimentos nas respetivas direções, sempre no eixo de referência humano, não levando a movimentos impossíveis ou difíceis para o utilizador. Este mapeamento gera um problema de distorção na medida

em que a área de contexto (bordas) é comprimida, representando uma maior quantidade de espaço real numa área mais pequena de ecrã, e consequentemente, alta densidade nos cantos (Figura 2.10).

A segunda parte consiste numa técnica de ampliação dinâmica, que amplia o contexto na direção do movimento de forma a aliviar distorção, suportando os movimentos de forma precisa (Figura 2.10).



Figura 2.10 *Overview + Detail* [19]



Figura 2.11 *Focus + Context* [19]

Através da combinação destas duas técnicas o *ArroundPlot* mostrou-se bastante eficaz mesmo quando se trabalha com um grande conjunto de pontos *off-screen*, oferecendo uma boa precisão na procura de pontos *off-screen*.

No entanto, os autores verificaram que quando existe uma grande densidade de pontos de interesse, pode tornar-se confuso pois o ponto *off-screen* entra para dentro da área ampliada, ao mesmo tempo que o ponto real entra para dentro do campo de visão.

Para além disso também foi referido que a utilização de setas 3D em conjunto com o *AroundPlot* poderia ser uma mais-valia ao combinar as vantagens das duas técnicas.

2.2.1.4. *Ambient Grids*

Ambient Grids é uma técnica que utiliza os "bordos" da janela de exibição para a visualização de elementos *off-screen*. Os elementos *off-screen* desta técnica são representados através de uma agregação em grelha [20].

A criação de *Ambient Grids* é composta por quatro etapas:

1. Pré-processamento, que consiste na avaliação e análise do espaço de dados;
2. Particionamento do espaço, cujo objetivo é separar o espaço *off-screen* em partições e assim mapear essas partições para os bordos do ecrã;
3. Projeção, que por sua vez mapeia os objetos *off-screen* para as áreas correspondentes dos bordos;
4. Visualização, etapa onde são criadas primitivas gráficas nos bordos do ecrã para representar objetos *off-screen*.

O uso desta técnica, representada na Figura 2.12, apresenta diversas vantagens como o facto de apresentar uma solução ao problema de aglomerados de pontos (*clusters*).



Figura 2.12 Visualização de elementos *off-screen* – *Ambient Grids* [20].

2.2.2. Abordagens Baseadas em RA

A realidade aumentada é uma técnica que permite ao utilizador recolher informações sobre o ambiente que o rodeia, sobrepondo objetos virtuais sobre o mundo real, fornecendo informação constante e contínua ao utilizador.

Nesta secção são apresentadas algumas técnicas para a visualização de objetos localizados fora da área visível do ecrã em RA (pontos de interesse *off-screen*).

2.2.2.1. InterestAR

O *InterestAR* (IAR) é uma aplicação desenvolvida para resolver a questão de sinalização de pontos de interesse (POI) que se encontrem fora da área visível do ecrã. Para além disso permite representar a relevância de diferentes POI (*off-screen* ou *on-screen*) de acordo com as preferências do utilizador. Permite ainda tratar sobreposições de diferentes símbolos (Figura 2.13).



Figura 2.13 *InterestAR*: protótipo de visualização *off-screen* [1].

Apesar de o IAR ter obtido resultados bastante positivos, ainda existem algumas melhorias que devem ser realizadas, nomeadamente, resolver a difícil distinção dos tamanhos e cores entre símbolos de relevância e distância semelhantes, em particular, quando esses pontos não se encontram na área visível em simultâneo [1].

Além do IAR ser uma aplicação de RA, também disponibiliza num ambiente separado, um mapa para visualização de POI num ambiente *top-down* 2D. Quando ocorre a transição de RA para mapa ou vice-versa, muitas vezes causa desorientação para o utilizador, uma vez que a RA funciona tridimensionalmente e o mapa bidimensionalmente.

2.2.2.2. SidebARs

O *SidebARs* é uma aplicação de realidade aumentada proposta por Siu & Herskovic [21] com o objetivo de fornecer suporte e apoio aos bombeiros. O *SidebARs* implementa duas barras laterais, combinadas ainda com filtros de camadas e uma barra deslizante para

definir o raio de interesse, de forma a encontrar o tipo de ativo pretendido, sejam camiões ou estações de polícia (Figura 2.14).



Figura 2.14 Interface do *SidebARs* [21].

Para pontos da mesma categoria que estejam próximos, a aplicação é ainda capaz de agrupá-los de forma a evitar sobreposição de pontos.

As técnicas utilizadas pelo *SidebARs* conseguem de forma intuitiva, dar uma noção de distância, direção e tipos de pontos de interesse *off-screen* que sejam relevantes.

Após análise dos resultados do *SidebARs*, os autores consideraram os resultados bastantes positivos, bem como os bombeiros entrevistados para o estudo consideraram a aplicação uma ferramenta bastante útil.

2.2.2.3. *Halo3D*

O *Halo3D* é uma técnica de visualização 3D que procura mostrar a direção e a distância de pontos *off-screen*, evitando a sobreposição em ambientes de alta densidade de pontos.

De forma a representar a direção e distância de POI, esta técnica utiliza os princípios usados na técnica *Halo* mencionada na secção 2.2.1.2, mas de uma perspetiva 3D. O *Halo3D* consiste em desenhar um círculo com um raio igual à distância entre POI projetado e a extremidade do ecrã, acrescentando um deslocamento para tornar o círculo parcialmente visível [22]. Quanto maior for o círculo, mais amplo terá de ser o movimento para ver o POI no ecrã.

De forma a ser mais perceptível a distância dos POI, o *Halo3D* adiciona ainda 3 características visuais: transparência, cor e espessura do raio desenhado.

Para evitar a sobreposição de pontos de interesse, o *Halo3D* examina a interseção dos círculos, em vez da distância entre os POI correspondentes, exibindo o número de POI que foram agregados (Figura 2.15). Para isso, o *Halo3D* utiliza um algoritmo de

agregação recursivo de forma a garantir que não existem sobreposições no ecrã. Desta forma a ordem entre os POI não é relevante.

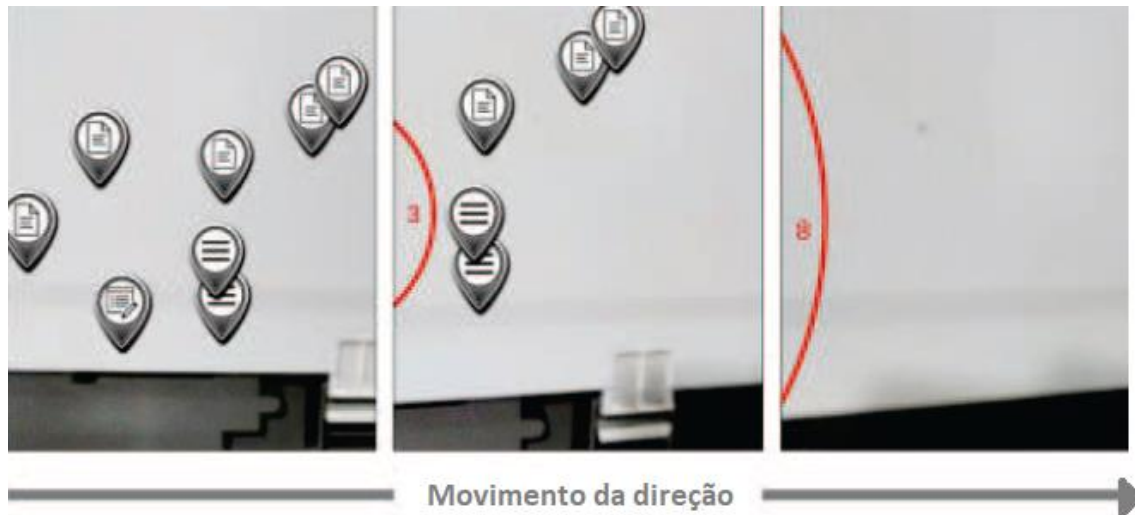


Figura 2.15 Halo 3D – Utilizador move o ecrã, da esquerda para a direita, em que os 8 POI visíveis no ecrã são agregados [22].

2.2.2.4. Yelp

A *Yelp* é uma empresa americana fundada em 2004, conhecida por distribuir os seus serviços de pesquisa e críticas de comércio local através de aplicação móveis e website. Em agosto de 2009 a *Yelp* conseguiu inovar surpreendendo os utilizadores, ao disponibilizar uma componente de realidade aumentada para *iPhone* chamada *Monocle* [23].

Utilizando os componentes dos dispositivos móveis, como o giroscópio e GPS, permitiu aos utilizadores visualizar numa vista de realidade aumentada, pontos de interesse que pretendessem localizar, como restaurantes ou lojas, exibindo avaliação e interação ao toque, afim de disponibilizar informação mais detalhada sobre dos mesmos (Figura 2.16).

Atualmente, utilizando o *Monocle*, quando o dispositivo móvel é colocado na horizontal passa automaticamente a uma vista num mapa 2D, o que ajuda o utilizador a ter uma maior perceção do que está à sua volta.

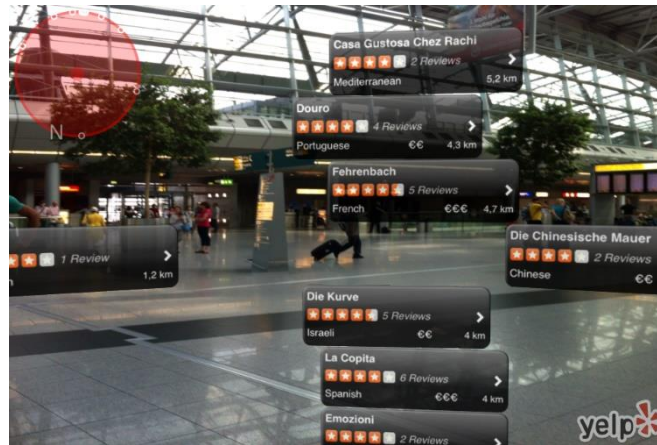


Figura 2.16 Vista “Monocle” – Aplicação Yelp.

2.2.3. Sumário e Discussão

Este capítulo consistiu na pesquisa de diferentes abordagens na procura de POI *off-screen* já existentes. A pesquisa realizada teve como foco as abordagens baseadas em mapas e as abordagens baseadas em RA.

Em relação às abordagens baseadas em mapas, foram apresentadas: o mini mapa, o *Halo* e *HaloDot*, *ArroundPlot* e *Ambient Grids*; para a abordagem baseada em RA foram estudados o *InteresAR* (projeto base para o trabalho a ser desenvolvido), o *SidebARs*, o *Halo3D* e o *Yelp*.

A análise das vantagens e desvantagens das diferentes abordagens para a procura de POI *off-screen* permitiu efetuar uma escolha mais consciente do projeto a desenvolver, uma vez que através do conhecimento das diferentes abordagens se pode optar pelos elementos que facilitem a procura de POI *off-screen* ao utilizador.

Este trabalho de pesquisa e análise permitiu constatar que as técnicas atualmente existentes apresentam ainda várias limitações no que diz respeito à procura de POI *off-screen*. Neste sentido, no próximo capítulo é apresentado o protótipo ARWM que propõe soluções para resolver os problemas relacionados com a procura de POI *off-screen*.

3 Protótipo ARWM

O *ARWithMaps* (ARWM) é uma aplicação *Android*, que visa concretizar diferentes técnicas de visualização de pontos de interesse (POI) *off-screen*, recorrendo a técnicas de RA juntamente com mapas.

Esta aplicação é um protótipo que tem por base a solução *InterestAR* (IAR) desenvolvida para *Android*, proposta por [1], e concretiza duas alternativas adicionais de visualização de pontos *off-screen* em particular com mapa 2D e radar.

Os elementos gráficos utilizados para representar a simbologia são os mesmos utilizados na solução IAR, uma vez que estes se provaram eficazes.

Desta forma, os POI são representados por quadrados, enquanto a relevância é apresentada pela cor dos elementos e distância pelo tamanho e transparência dos quadrados.

3.1 Contexto

O ARWM, permite a visualização de POI *on-screen* e *off-screen*, em realidade aumentada e em mapas 2D, em ambientes *outdoor*.

A representação de pontos de interesse neste protótipo, varia consoante a vista que está a ser aplicada. Para a vista de RA os POI são representados por quadrados, enquanto que em mapas são representados por marcadores e por último no radar são representados por pontos.

Neste trabalho, os pontos de interesse apresentados, representam caixas de multibando de três bancos em Portugal, Caixa Geral de Depósitos, Novo Banco e Banif. Optou-se por manter a escolha dos pontos de interesse, as cores, bem com simbologia definidos no projeto IAR [1], uma vez que este protótipo é uma extensão do mesmo.

3.2 Modelo de Dados

Uma vez que este trabalho utiliza o IAR como base, optou-se por utilizar o mesmo modelo de dados utilizado no IAR.

Como já referido anteriormente, os POI utilizados no projeto refletem caixas multibando de 3 bancos portugueses, Caixa Geral de Depósitos, Novo Banco e Banif.

Para que o protótipo ARWM se tornasse mais versátil, optou-se por modelar a informação para uma BD (Base de Dados) *SQLite*, uma vez que é o sistema de gestão de base de dados (SGBD) utilizado nativamente em *Android*, tornando-se possível alterar o modelo de dados apenas substituindo a BD da aplicação ARWM.

O modelo de dados utilizado, é constituído apenas por uma entidade e respetivos atributos que representam POI. A Tabela 3.1 apresenta a tabela da BD representativa desta entidade.

id	name	type	obrigatório	pk
0	PKUID	INTEGER	1	1
1	Longitude	NUMERIC(8,5)	1	0
2	Latitude	NUMERIC(9,5)	1	0
3	Entidade_Bancaria	VARCHAR(4)	1	0
4	Morada	VARCHAR(83)	0	0
5	Contacto	VARCHAR(15)	0	0
6	Relevancia	INTEGER	1	0
7	Altitude	INTEGER	1	0

Tabela 3.1 BD do protótipo ARWM

Os campos “Latitude” e “Longitude” representam as coordenadas geográficas no mundo real onde os respetivos POI se encontram. O campo “Entidade_Bancaria” corresponde às siglas das respetivas caixas de multibanco de cada entidade bancária.

Os campos “Morada” e “Contacto” como o próprio nome indica, refletem a morada e o contacto da respetiva entidade bancária. O campo “Relevancia” reflete a relevância de cada ponto, que será explicado em maior detalhe na secção 3.3. Por último, a “Altitude” representa a elevação a que se encontra cada POI.

Os campos “Morada” e “Contacto” apesar de existirem na base de dados, não são utilizados no âmbito do ARWM, apenas existindo como dados facultativos.

Para que o ARWM funcione correntemente, o modelo de dados deverá sempre conter os campos obrigatórios, como ilustrado na Tabela 3.1. O valor “1” corresponde aos campos que são obrigatórios enquanto valor “0” corresponde aos campos opcionais.

3.3 Técnicas de Visualização

O ARWM utiliza três técnicas distintas, para representação e procura de pontos *off-screen*: RA com moldura + mapa 2D, RA com mini mapa e RA com radar.

Nesta secção são descritas em detalhe as diferentes técnicas utilizadas, nomeadamente o uso da simbologia, relevância e noção de distância aplicados, entre os POI e o utilizador.

É ainda importante referir que, em relação à representação da relevância utilizada no ARWM, todas as técnicas utilizam uma analogia *warm-cold*, juntamente com transparência, introduzidas no *HaloDot* [17] e que foram posteriormente aplicadas para RA na aplicação IAR [1].

Para representar a relevância são utilizadas as 3 cores seguintes:

- Vermelho (cor quente) – Representa POI com maior relevância;
- Azul (cor fria) – Representa POI com menor relevância;
- Magenta (Cor intermédia) – Representa POI com relevância intermédia.

A utilização desta representação no ARWM é baseada no facto da mesma se ter provado eficaz, no projeto IAR, tanto na representação da relevância de pontos *off-screen*, através do uso da cor e transparência, individualmente em ambos ambientes (mapas e RA). A relação da relevância e transparência é ilustrada na Tabela 3.2.

Relevância	Cor	Transparência
Alta	Vermelho	[190, 255]
Média	Magenta	[64, 189]
Baixa	Azul	[0, 63]

Tabela 3.2 Relação entre a relevância e transparência dos POI.

3.3.1. RA com Moldura + Mapa

A técnicas de RA com moldura + mapa utiliza uma vista de RA aumentada e outra de mapa de forma alternada, de acordo com a posição do dispositivo móvel. De forma a alternar entre vistas, o utilizador necessita de rodar o ecrã no eixo dos xx (*pitch*¹). Se o ângulo do dispositivo móvel com o plano horizontal for superior a 15°, o ARWM alterna automaticamente para o uso da RA (como ilustrado na Figura 3.1). A escolha desta abordagem, resulta do facto de na RA o utilizador usar naturalmente o ecrã na vertical (90°) quando está a visualizar POI.

¹ *Pitch* - Ângulo de rotação em torno do eixo do xx com intervalo de valores de entre -180 graus a 180 graus.

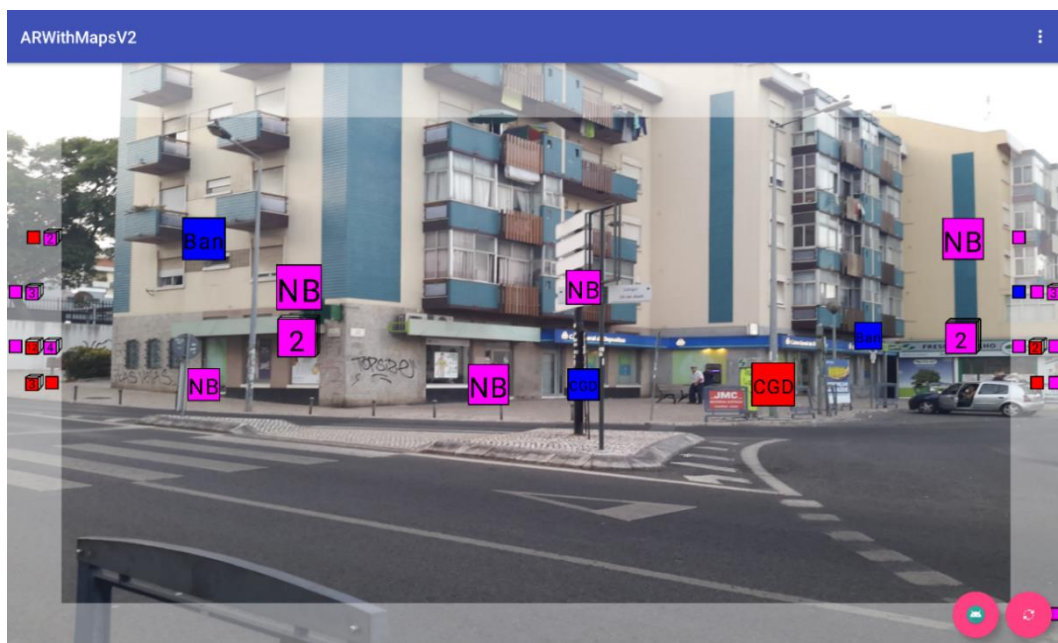


Figura 3.1 Representação da vista de RA com moldura e POI *off-screen*.

Quando o ângulo com o plano horizontal for inferior ou igual a 15° é automaticamente apresentada a vista de mapa, seguindo a analogia do mapa de papel visto em cima de uma mesa, como podemos ver na Figura 3.2.

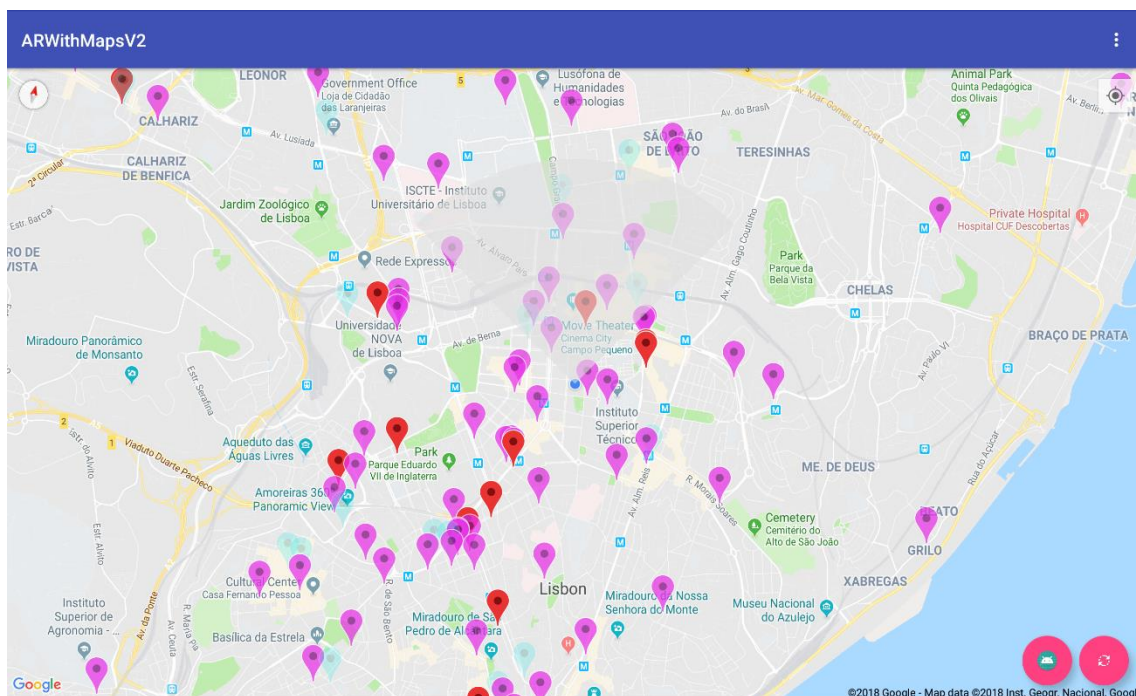


Figura 3.2 Representação dos POI sobre a vista de mapa.

Uma vez que esta técnica utiliza duas formas de visualização bastante distintas, a RA utiliza uma visualização 3D e o mapa pressupõe uma visualização 2D vista de cima, existiu a necessidade de adaptar a representação da simbologia de acordo com as duas formas de visualização.

Na RA são utilizados quadrados como forma de representação dos POI. A escolha desta simbologia para representar POI em vez de círculos, deve-se ao facto de com quadrados existir mais espaço para introduzir informação textual, uma vez que os círculos “roubam” mais espaço ao se arredondar as arestas

A noção de distância a que o utilizador se encontra de cada POI, é representada através do tamanho dos quadrados que simbolizam os respetivos POI, isto é, quanto mais longe se encontrar um POI menor será o quadrado a representá-lo. Juntamente com o tamanho, o utilizador poderá ainda verificar a transparência, quanto mais longe mais transparente. Como os pontos menos relevantes são sempre mais transparentes que os mais relevantes, para avaliar a distância dos pontos através da transparência, deve comparar-se apenas a transparência dos símbolos com a mesma relevância, isto é, da mesma cor (Tabela 3.2). A Figura 3.3 mostra essa mesma representação na vista de RA.

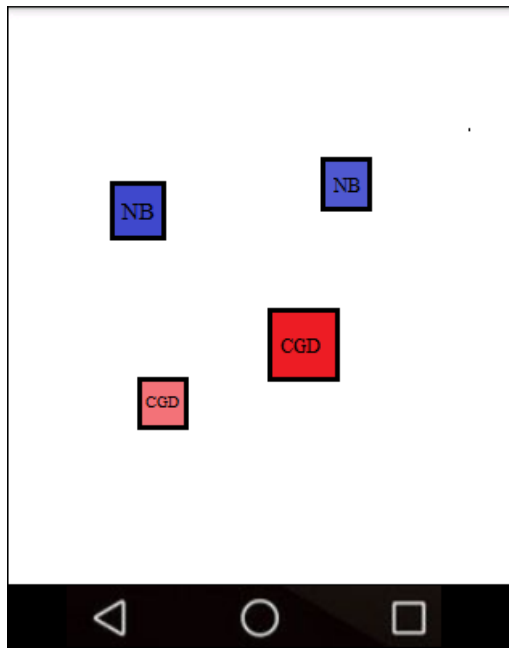


Figura 3.3 Simbologia utilizada no ARWM

De modo a introduzir pistas de pontos *off-screen* na vista de RA, é utilizada a técnica introduzida no IAR, que utiliza uma moldura em redor do ecrã, que simboliza as diferentes direções (esquerda, cima, direita, baixo), a que os pontos *off-screen* se encontram relativamente à posição do utilizador.

Tal como acontece com a informação apresentada na área *on-screen*, também para a moldura *off-screen* é mantida a noção de altitude, distância e amplitude de movimento.

Se a altitude real de um POI no terreno se encontrar abaixo ou acima em relação ao utilizador o ponto será colocado numa das margens da moldura, inferior ou superior respetivamente. O que poderá dificultar ao utilizador seguir o POI no ecrã.

Para representar a amplitude de movimento que o utilizador necessita de realizar, para que um ponto passe para a área visível do ecrã, a moldura onde são apresentados os pontos *off-screen* é decomposta em três secções, que permitem ter uma percepção visual se um ponto *off-screen* está mais ou menos afastado em relação ao utilizador e qual a amplitude a realizar para que o POI passe para a área visível.

Esta representação da amplitude funciona de forma análoga, seja o movimento horizontal ou vertical.

A Figura 3.4 representa um esquema com os diferentes ângulos em que se encontram os pontos *off-screen* de forma a dar a percepção se estão mais ou menos afastados do ângulo onde o utilizador está a apontar.

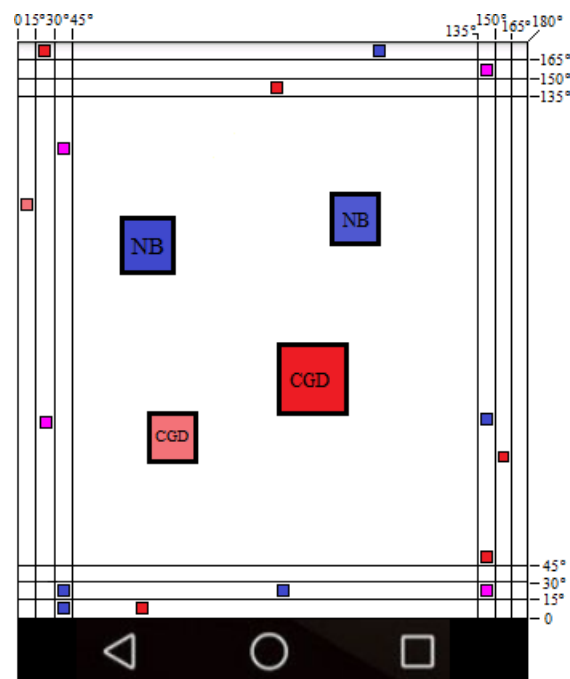


Figura 3.4 Esquema representativo da sinalização em RA de modo a permitir a representação de diferentes amplitudes de rotação

Para a simbologia utilizada na vista mapa 2D, optou-se por utilizar marcadores semelhantes ao já utilizados atualmente em mapas, como é o caso do Google Maps, uma vez que esta é das formas mais comuns de identificar locais de interesse em mapas, evitando assim uma aprendizagem adicional da parte dos utilizadores para o uso desta técnica.

Assim, a simbologia utilizada é representada por marcadores (📍), em que cada marcador representa um POI.

Uma vez que o mapa representa uma vista 2D, não existe a noção de altitude em que cada POI se encontra, sendo apenas perceptível a direção e distância. Assim, a direção e distância a que o utilizador se encontra de cada POI, é representada pela posição de cada POI no mapa, fornecendo automaticamente ao utilizador uma percepção visual do local

De forma a facilitar a navegação é utilizada ainda uma abordagem *heading-up*, para que o mapa esteja sempre alinhado com a posição do utilizador. Assim não é requerido esforço mental para rodar o mapa para que este fique alinhado com a posição do utilizador, reduzindo o esforço cognitivo.

De referir ainda que a vista no mapa tem a principal vantagem de apresentar uma contextualização com uma grande abrangência do ambiente que rodeia o utilizador. Uma vez que este é capaz de identificar rapidamente os POI que estão dentro e fora da sua área de visão, bem como identificar a sua própria localização no mundo real.

3.3.2. RA com Mini Mapa

A técnica de RA com mini mapa, como o próprio nome indica, utiliza a vista de RA simultaneamente com um o mini mapa, conjugando assim as duas vistas numa só. De forma semelhante à técnica anterior, a mesma simbologia e relevância são utilizadas para identificar os POI nas duas vistas.

A posição escolhida para o mini mapa foi o canto superior esquerdo. O facto de se posicionar o mini mapa no topo do ecrã, serve para o manter o mesmo na linha de visão do utilizador.

Uma vez que o mini mapa tem dimensões reduzidas ocupando apenas uma pequena porção do ecrã, a posição esquerda foi escolhida para que seja o primeiro elemento que o utilizador vê, de forma a ficar consciente da existência do mesmo. Isto porque já existe uma habitação natural de olhar para o canto superior esquerdo, uma vez que na maioria dos países europeus, incluído Portugal, a leitura é feita de cima para baixo e da esquerda para a direita.

Dado que esta técnica contém o mini mapa e a RA de forma constante, procurou-se reduzir a carga cognitiva, para não sobrecarregar o utilizador com demasiada informação que se pudesse tornar ambígua e repetitiva. Desta forma, as pistas *off-screen* nesta técnica, são representadas apenas através do mini mapa.

A Figura 3.6 mostra a utilização desta técnica, em que o mini mapa se encontra no canto superior esquerdo, e os POI que se encontram dentro da área de visão (cone) estão visíveis na vista de RA.



Figura 3.6 Técnica de visualização *off-screen* RA com mini mapa

3.3.3. RA com Radar

A técnica de RA com radar utiliza uma vista de RA em conjunto com radar, conjugando assim as duas vistas numa só.

Assim, de forma a reduzir a informação presente no ecrã (como na técnica anterior), esta técnica mantém sempre presente duas vistas distintas: a vista de RA, que apresenta apenas os POI *on-screen*; e o radar que por sua vez, é responsável pela sinalização de todos os pontos em redor do utilizador, sejam pontos *on-screen* ou pontos *off-screen*.

Dado que a simbologia mais comum utilizada em radares é representada por pontos, decidimos utilizar essa mesma simbologia para a identificação dos POI. Contudo, uma vez que para este estudo, a representação da relevância é importante, mantivemos a representação de cores e transparência, aplicadas aos pontos no radar, já abordadas nas técnicas descritas anteriormente (Tabela 3.2).

Em relação à posição do radar no ecrã, foi escolhido posicionar-se no canto superior esquerdo, pelas mesmas razões fundamentadas na técnica anterior (leitura da esquerda para a direita e de cima para baixo).

A Figura 3.7 representa a utilização desta técnica, em que os pontos dispersos no radar representam os respetivos POI em RA. Tal como nas técnicas anterior os POI que se encontram no cone de visão correspondem aos pontos *on-screen* em RA.

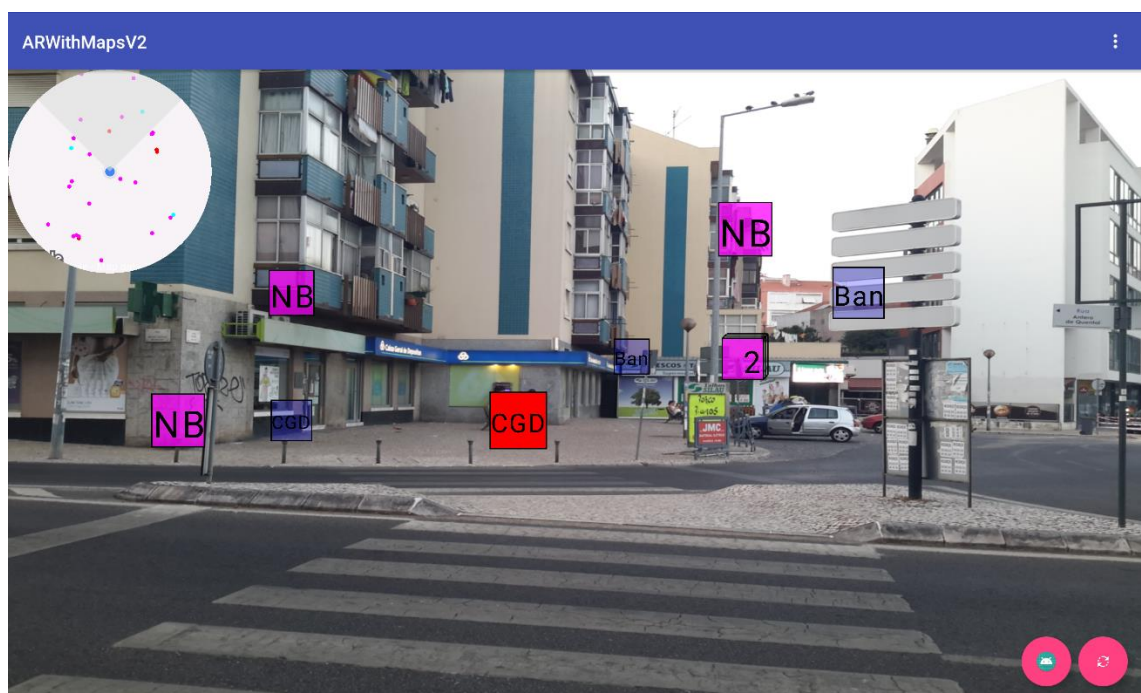


Figura 3.7 Técnica de visualização *off-screen* RA com Radar

Em termos contextuais, a grande diferença no uso desta técnica é a simplicidade com que a informação é representada no radar. Enquanto que na técnica anterior com o mini mapa, o utilizador vê bastante mais informação existente em seu redor, (como por exemplo as ruas), no radar o utilizador é abstraído de toda essa informação, sendo apenas apresentados os respetivos POI em seu redor. É importante salientar que se mantêm as noções de distância e relevância.

3.4 Arquitetura e Implementação do ARWM

Nesta secção é apresentado o desenho da arquitetura e implementação, que foram necessários para elaborar a conceção das diferentes técnicas de procura de POI *off-screen*, recorrendo ao uso de RA em conjunto com mapas.

O protótipo concebido na realização deste trabalho foi desenvolvido utilizando o IDE (*Integrated Development Environment*) *Android Studio*, uma vez que é a ferramenta oficial de desenvolvimento de aplicações *Android*.

Todo o desenho desta aplicação foi desenvolvido com o propósito de ser utilizada em *Tablets*. As versões do sistema operativo *Android* que suporta vai desde a versão 5.0 (*Lollipop*) até à versão 8.1 (*Oreo*).

A implementação desta solução foi testada com recurso a um Tablet Samsung Galaxy Tab S 10.5 LTE com o sistema operativo *Android* 6.0.1 (*MarshMallow*).

3.4.1. Desenho da Arquitetura

Como já foi referido anteriormente, o ARWM é uma aplicação concebida para comparar diferentes técnicas de visualização *off-screen*, recorrendo ao uso de técnicas de RA em conjunto com mapas.

De forma a tirar o máximo partido das funcionalidades que o sistema *Android* disponibiliza, o desenho desta aplicação seguiu uma arquitetura modular, uma vez que é possível reutilizar as diferentes funcionalidades de cada módulo, para as diferentes técnicas de visualização *off-screen* implementadas. A Figura 3.8 ilustra os 5 módulos da arquitetura que compõem o protótipo ARWM.

Apesar deste projeto ter como base o trabalho desenvolvido em IAR, existiu a necessidade de redesenhar parte da arquitetura da aplicação, de modo a implementar as novas técnicas de visualização.

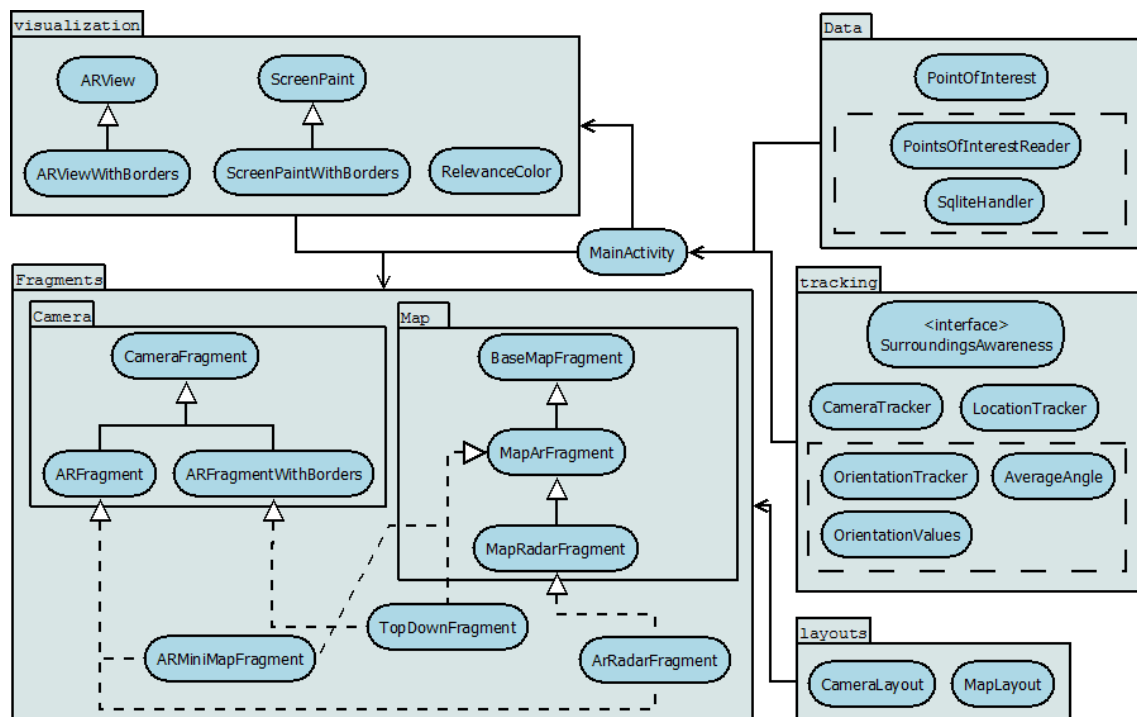


Figura 3.8 Arquitetura do protótipo ARWM.

A inicialização da aplicação ocorre na classe *MainActivity*. Esta classe é responsável por inicializar os módulos *data*, *tracking* e *fragments*, simultaneamente servindo como intermediária na partilha de informação entre os diferentes módulos, recorrendo ao uso de interfaces.

Ao ser inicializada, a classe *MainActivity*, começa por instanciar as classes *LocationTracker* e *OrientationTracker* existentes no módulo de *tracking*, com o objetivo de recolher de forma periódica a localização e orientação do utilizador, uma vez que esta informação é essencial na utilização das três técnicas de visualização.

Sempre que existe uma atualização do valor da orientação ou localização, essa informação é enviada como forma de *callback* através de uma interface, para a classe *MainActivity*. Esta por sua vez encaminha essa mesma informação para a respetiva técnica que irá ser utilizada.

Em seguida a *MainActivity* trata de carregar os dados acerca dos POI, recorrendo ao módulo *data*. O carregamento dos dados acontece uma única vez através da classe *PointsOfInterestReader* quando a aplicação é iniciada. Esta utiliza a classe *SqlHandler* para aceder à base de dados *SQLite* e realizar a leitura da informação. Por sua vez os dados são carregados para um objeto POJO (*Plain Old Java Object*), de forma a facilitar o acesso e utilização da informação acerca dos POI. Após a leitura e carregamento dos dados, a classe *MainActivity* fica com uma lista de POI existentes em memória, afim de serem utilizados nas diferentes técnicas de visualização.

A forma da *MainActivity* alterna entre as diferentes técnicas é concretizado instanciando um dos fragmentos *ArMiniMapFragment*, *TopDownFragment* ou *ArRadarFragment* e substituir pelo anterior.

O módulo *visualization* disponibiliza classes que auxiliam o desenho da simbologia na vista de RA. As classes presentes neste módulo são utilizadas no módulo *fragments*, responsável pela representação da interface gráfica.

O módulo *layouts* disponibiliza os *containers* onde o módulo *fragments* irá desenhar a interface para o utilizador.

O módulo *fragments* por sua vez é responsável pelo comportamento e interface gráfica de cada umas das diferentes técnicas de procura de pontos *off-screen*. O nome deste módulo deve-se ao facto de ser utilizada a classe *fragment* [24] disponibilizada pela API do *Android*. Assim, de forma a tornar o código reutilizável e ao mesmo tempo facilitar a sua manutenção, o módulo *fragments* é decomposto em dois pequenos submódulos, *Camera* e *Map*.

Começando pelo submódulo *Camera*, este utiliza a câmara do dispositivo móvel para apresentar a imagem do mundo real. O uso da câmara é realizado no fragmento *CameraFragment*, tirando este, partido da classe *CameraTracker* existente no módulo de *tracking*.

Usufruindo da herança em Java, as classes *ARFragment* e *ARFragmentWithBorders* estendem a classe *CameraFragment* com o intuito de projetar elementos virtuais sobre a imagem do mundo real, dando assim origem às técnicas de RA utilizadas neste projeto. A principal diferença entre as duas técnicas de RA é o facto de a primeira utilizar a realidade aumentada sem pistas de POI *off-screen* enquanto a segunda apresenta uma moldura de forma a fornecer ao utilizador pistas de POI *off-screen*.

O submódulo *Map* é responsável por fornecer a vista de mapa e radar. Para isso, este módulo utiliza a classe *BaseMapFragment* para instanciar o mapa *GoogleMaps*, utilizado nativamente em *Android*.

Esta classe por sua vez é estendida pela classe *MapArFragment*, de forma a tornar possível a reutilização do mapa. O *MapARFragment* utiliza o mapa da classe “pai”, adicionando as propriedades necessárias de forma a satisfazer os requisitos para a implementação da técnica com mapa. Esta é a classe responsável por implementar o cone de visão, que representa os pontos *on-screen* (POI visíveis para o utilizador), bem como os marcadores identificados com a simbologia e transparência já descritos anteriormente. Esta classe contempla ainda uma bordagem *heading-up*, de forma a que o mapa esteja sempre alinhado com a posição do utilizador.

Para a representação do radar é utilizada novamente a herança. Desta vez a classe *MapARFragment* é estendida pela *MapRadarfragment*, uma vez que são realizadas

ligeiras alterações de forma a aproveitar grande parte da implementação da sua classe “pai”. De forma a representar o radar e tirando novamente partido do recurso mapa, esta classe altera as propriedades do mesmo removendo todos os estilos que o compõem (por exemplo: caminhos, locais, texto, geometrias). Como resultado, o mapa fica com o fundo de cor cinzenta. Para tornar o mapa o mais semelhante com um radar, é também alterado ligeiramente a simbologia, onde os POI são representados por pontos como ilustra a Figura 3.9:

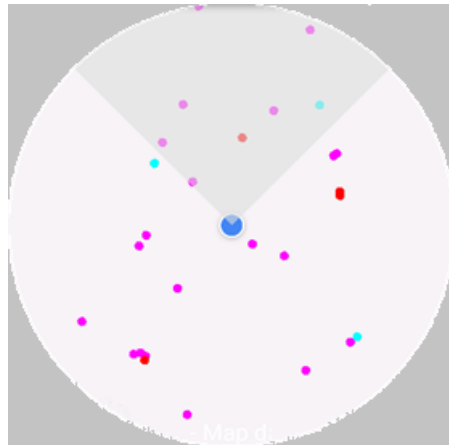


Figura 3.9 Vista de radar com POI

Por fim, tirando partido da modularidade com que a aplicação foi concebida, as três técnicas de procura de POI *off-screen* são contruídas aproveitando o código dos submódulos acima mencionados.

Para a técnica RA com moldura + mapa descrita na secção 3.3.1 foi criada a classe *topDownFragment*. Como o próprio nome indica, esta classe é um fragmento que internamente cria duas instancias, uma do *ARWithBordersFragment* e outra do *MapARFragment*. Desta forma, utilizando os valores da orientação, esta técnica muda de vista consoante se o angulo do *pitch* for maior ou menor de 15°.

Para a técnica RA com mini mapa apresentada na secção 3.3.2 à classe criada foi dado o nome de *ARMiniMapFragment* e instancia as classes *ARFragment* e *MapARFragment*. Recorrendo à *View* do *Android* [25], esta classe posiciona o mini mapa no canto superior esquerdo com um tamanho pré definido.

Por último, a técnica RA com Radar funciona de forma semelhante à anterior. Esta técnica tira partido das classes *ARFragment* e *MapRadarFragment*, posicionado também no canto superior esquerdo o radar.

3.4.2. Implementação de Funcionalidades

Tracking da Localização

A classe responsável pela obtenção da localização do utilizador é a classe *LocationTracker*. Para obter a localização esta classe utiliza o *GoogleApiClient* [26], que serve de ponto de entrada para diversos serviços da Google para *Android*, incluindo o GPS. O *GoogleApiClient* foi escolhido uma vez que o ARWM segue os padrões recomendados pela documentação do sistema operativo *Android* e uma vez que esta API oferece uma maior precisão, maior simplicidade e menor consumo de bateria do que a classe *LocationManager*. O *GoogleApiClient* tem ainda como vantagem o facto de tratar da gestão do equipamento que fornece o sinal de localização, seja através do próprio componente GPS do dispositivo móvel, ou através de GSM.

Para que o ARWM se torne o mais eficiente possível, a classe *LocationTracker* parametriza a obtenção da localização de forma a devolver sempre a melhor localização possível através do parâmetro *PRIORITY_HIGH_ACCURACY*, ao mesmo tempo que pede a localização a cada segundo, para garantir que esta está o mais atualizada possível.

Dentro da classe *LocationTracker* existe ainda uma interface interna, com o nome *OnLocationChangedInterface*, que a cada nova localização, devolve o resultado para a classe que implementa esta interface (no caso do ARWM é a *MainActivity*).

Tracking da Orientação

A classe *OrientationTracker* é responsável por utilizar e recolher os valores dos sensores, acelerómetro e magnetómetro, recorrendo ao *SensorManager* [27] disponível na documentação *Android*.

O acelerómetro presente no dispositivo mede o valor de aceleração (variação da velocidade) aplicada ao longo dos três eixos (x, y, z) incluindo o valor da gravidade.

Quando um destes sensores deteta movimento notifica a aplicação através do método *onSensorChanged* [28].

Uma vez que a cadência com que os sensores dos dispositivos móveis detetam alterações e realizam as devidas notificações é muito elevada, a classe *OrientationTracker* necessita de realizar uma filtragem de valores, para diminuir a carga de refrescamento que a aplicação necessita de realizar em toda a sua interface gráfica e representação.

Assim, o *LocationTracking* disponibiliza no seu construtor três grandezas distintas (*Smoothing*, *minDiffForEvent* e *throttleTime*) de modo a que essa filtragem seja o mais granular possível.

O *smoothing*, é representado por um número inteiro e determina o número de medições necessárias que é preciso realizar para que seja devolvida uma notificação, calculando a média das mesmas para o *azimuth*, *pitch* e *roll* (Figura 3.10).

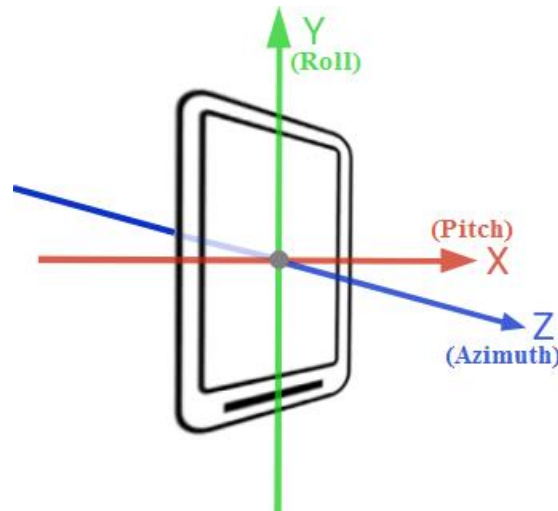


Figura 3.10 Variáveis utilizadas no cálculo da rotação do dispositivo [29].

O mínimo valor que este parâmetro permite é 1, o que significa que a cada novo valor recebido envia uma notificação para a aplicação. Se o valor definido no *smooth* for por exemplo 15, a notificação que seria enviada para aplicação seria a média das últimas 15 medições recebidas para o *azimuth*, *pitch* e *roll*.

O *minDiffForEvent*, determina o número de graus mínimo que o dispositivo móvel necessita mover para que seja enviada a notificação do novo valor.

Por fim, o *throttleTime* define o intervalo mínimo necessário em milissegundos entre notificações para que seja enviada a notificação dos novos valores para a aplicação.

Desta forma, o ARWM permite regular a cadência de notificações que são enviadas para os fragmentos de forma a atualizar a interface, reduzindo assim o processamento e desgaste de bateria do dispositivo.

De forma semelhante à localização, também o *LocationTracking* disponibiliza uma interface interna com o nome de *OnOrientationChangedInterface* em que devolve a orientação atual de acordo com os parâmetros definidos pelo *smoothing*, *minDiffForEvent* e *throttleTime*.

Relevância

A relevância quer na vista de RA ou mapa é representada pelas propriedades de cor. Os dados referentes à relevância são carregados para a aplicação através da BD e são fornecidos pela coluna “Relevância” representada na Tabela 3.1. Para representar a cor da relevância foram atribuídos os valores 1, 2 e 3 de acordo com a relevância do POI em questão. A Tabela 3.3 mostra a relação entre a cor e o valor atribuído em que o número 1 corresponde à cor vermelha (elevada relevância), o número 2 à cor magenta (média relevância), e por fim, o número 3 corresponde à cor azul (baixa relevância).

Valor de relevância	Cor	Cor RGB
1	Vermelho	(255,0,0)
2	Magenta	(255,0,255)
3	Azul	(0,0,255)

Tabela 3.3 Representação da cor da relevância de acordo como valor atribuído.

Como já foi referido, apesar da cor não se alterar ao longo do tempo, o mesmo não acontece para a transparência. À medida que o utilizador se desloca, os POI podem ficar mais ou menos transparentes consoante a distância a que estes se encontram do utilizador.

Assim, de forma a calcular a transparência foi utilizada a Equação 1 proposta por Silva [1] que permite calcular o valor da transparência em função de uma distância d e relevância r , dentro dos limites máximo e mínimo para cada um valor da relevância sobre um raio de pesquisa r do POI em relação à posição do utilizador.

O raio de pesquisa r é uma variável constante que define o alcance em metros que o utilizador vê os POI que no caso do ARWM está definida 2000m (2Km).

$$f(r, d) = \left(\frac{t_{max}(r) - t_{min}(r)}{r_{pesquisa}} \right) * d + t_{min}(r) \in [0, 255]$$

Equação 1 – Cálculo da transparência de POI em relação à distância e relevância [1].

De forma a atribuir a transparência adequada para a respetiva relevância recorreu-se à Tabela 3.2, onde a transparência varia num intervalo de $[0, 255]$ em que 0 corresponde à maior transparência.

Desta forma, os POI representados na vista de RA são desenhados sobre a câmara utilizando o *Canvas* [30], respeitando assim os passos que determinam a sua relevância e transparências, dando a percepção de distância e relevância.

Uma vez que para a várias representações de mapa, são utilizados marcadores nativos da API Google Maps *Android*, foi necessário adaptar o intervalo de transparência para [0, 1], uma vez que no *Google Maps*, para cada marcador só pode ser atribuída transparência nesse intervalo. Para definir a cor, é utilizado o modelo HSL em vez do RGB, sendo o parâmetro *Hue* que define a cor.

Para converter o intervalo de transparência [0, 255] para [0, 1], efetuou-se o cálculo: $transparência/255$.

Para definir da cor a aplicar ao marcador segundo o modelo HSL utilizaram-se os seguintes valores:

- relevância = 1 \rightarrow *Hue* = 0 (vermelho);
- relevância = 2 \rightarrow *Hue* = 300 (magenta);
- relevância = 3 \rightarrow *Hue* = 240 (azul);

4 Avaliação e Resultados

Com o intuito de avaliar as técnicas propostas para a procura de POI *off-screen*, realizou-se um estudo para determinar a usabilidade de cada uma das técnicas descritas.

Neste capítulo são apresentados os passos realizados na conceção deste estudo, desde o plano de avaliação à análise dos resultados.

4.1 Plano de Avaliação

Para avaliar as diferentes técnicas abordadas neste estudo, foram realizados testes de usabilidade para compreender a preferência dos utilizadores na procura de POI *off-screen*, para cada uma das técnicas:

- RA com moldura + mapa
- RA com mini mapa
- RA com Radar

Este estudo tem como objetivo avaliar estas três técnicas, numa ótica de determinar as preferências dos utilizadores, bem como a usabilidade das mesmas.

Para elaboração dos testes e de forma a evitar viciar os resultados foi utilizada a metodologia *LatinSquare* de forma a introduzir aleatoriedade na realização das tarefas apresentadas aos participantes.

A avaliação da aplicação consistiu na realização da mesma tarefa para cada uma das técnicas de visualização, em que para cada técnica os pontos de interesse variavam de posição. Esta mudança de posição surgiu com o objetivo de impedir que o utilizador reconhecesse onde estariam todos os pontos nas técnicas subsequentes.

A cada participante apresentaram-se os objetivos do estudo, aplicou-se um breve questionário (vide Anexo A) e pediu-se a cada utilizador para assinar um documento de autorização para efetuar a experiência (que pode ser consultado no Anexo B).

Antes do início da experiência foi realizada uma breve contextualização acerca da mesma onde cada participante teve a oportunidade de utilizar a aplicação no modo livre até este se sentir familiarizado com a mesma.

Posteriormente, deu-se início à execução da experiência onde cada participante realizou a tarefa para cada uma das técnicas apresentadas.

Após resolução de cada tarefa o participante foi convidado a responder a um questionário. O questionário aplicado a cada participante divide-se em três partes. A primeira parte apresenta perguntas sobre o perfil do utilizador, uma segunda parte é aplicado um questionário SUS (*System Usability Scale*) [31] e por fim, o utilizador responde uma questão sobre a técnica que preferiu utilizar e justifica a sua escolha.

O *System Usability Scale* (SUS) é um questionário que foi desenvolvido por John Brooke [31] e é utilizado para avaliar a usabilidade de produtos e serviços. As perguntas que compõem este questionário são utilizadas como um método quantitativo para avaliar e obter informações úteis sobre a usabilidade de sistemas, seja *software* ou *hardware*. O *System Usability Scale* consiste em aplicar 10 perguntas pré-definidas e que foram adaptadas em português [32] (Figura 4.1), que são respondidas utilizando uma escala de *Likert* de 1 a 5 em que 1 corresponde a "Discordo fortemente" e 5 corresponde a "Concordo plenamente. O questionário aplicado aos participantes neste estudo foi apresentado em português.

Original Item	Corresponding item in Portuguese
I think that I would like to use this system frequently.	Acho que gostaria de utilizar este produto com frequência.
I found the system unnecessarily complex.	Considerei o produto mais complexo do que necessário.
I thought the system was easy to use.	Achei o produto fácil de utilizar.
I think that I would need the support of a technical person to be able to use this system.	Acho que necessitaria de ajuda de um técnico para conseguir utilizar este produto.
I found the various functions in this system were well integrated.	Considerei que as várias funcionalidades deste produto estavam bem integradas.
I thought there was too much inconsistency in this system.	Achei que este produto tinha muitas inconsistências.
I would imagine that most people would learn to use this system very quickly.	Suponho que a maioria das pessoas aprenderia a utilizar rapidamente este produto.
I found the system very cumbersome to use.	Considerei o produto muito complicado de utilizar.
I felt very confident using the system.	Senti-me muito confiante a utilizar este produto.
I needed to learn a lot of things before I could get going with this system.	Tive que aprender muito antes de conseguir lidar com este produto.

Figura 4.1 Questionário SUS original vs versão correspondente em português [32].

O resultado do formulário SUS é dado por uma pontuação que vai de 0 a 100 que não representa uma percentagem. Deste modo, zero é a pontuação mínima e 100 é a pontuação máxima e é calculada da seguinte forma:

- Cada pergunta ímpar é subtraído 1 ao valor à resposta dada.
- Cada pergunta par é subtraído 5 valores à resposta dada.
- São somados todos os valores anteriores e multiplica-se por 2.5.

Considera-se que um formulário SUS é acima da média se tiver uma pontuação acima de 68 e abaixo da média se a sua pontuação for abaixo de 68.

4.2 Tarefa

De forma a ser possível realizar os testes de avaliação das diferentes técnicas elaborou-se uma tarefa a ser com concretizada pelos participantes no estudo. A tarefa executada foi igual na avaliação das três técnicas de forma a permitir comparar os resultados. Deste modo, foi possível obter dados que indicassem a preferência dos participantes, bem como qual a técnica em que existiram mais dificuldades, e qual necessitou de uma maior aprendizagem por parte do utilizador.

A tarefa a executar consistiu em encontrar o ponto mais relevante e mais próximo da localização do participante. Os participantes foram assim convidados a orientar-se na direção desse ponto e em seguida identifica-lo apontando para o ecrã.

As tarefas foram realizadas no concelho de Lisboa, e utilizaram a aplicação ARWM em dispositivo móvel. A tarefa repetiu-se de forma sequencial (metodologia *Latin Square*) para as três técnicas diferentes.

Apesar de todos os testes terem sido realizados no concelho de Lisboa e em diferentes locais, para a realização da tarefa foi utilizado o *FakeGPS*. Esta aplicação simula a localização do dispositivo móvel, posicionando o mesmo numa dada posição, mesmo que esta seja diferente da posição física real. Desta forma, com o *FakeGPS* foi possível realizar todos os testes sempre no mesmo local com POI *off-screen* na mesma posição para cada participante, independentemente da sua localização. Caso tivesse sido utilizado o GPS real os POI's teriam sido diferentes para cada participante.

4.3 Hipóteses

Uma vez que este trabalho procura realizar o estudo entre determinadas técnicas realizando a mesma tarefa foram criadas as seguintes hipóteses:

1. É expectável que a técnica de RA com radar (que representa simultaneamente o radar com a RA, dando uma vista simplificada de onde se encontram os POI num raio de 360° à volta do utilizador) tenha melhor usabilidade em relação à técnica de RA com moldura + mapa (na qual é necessário rodar o ecrã para mudar de vista RA vs Mapa, e que utiliza mais elementos gráficos, tendo uma maior simbologia associada) por manter constantemente ambas as vistas (RA e radar) na linha de visão do utilizador, melhorando assim a navegação.

2. É expectável que a técnica de visualização RA com mini mapa seja a preferida dos participantes uma vez que apresenta toda a informação no ecrã simultaneamente (RA e mapa). Esta técnica para além de dar uma contextualização 360º em volta do utilizador através do mapa, permite ao mesmo tempo que o utilizador tenha uma perceção do espaço físico circundante, nomeadamente ruas. Adicionalmente fornece uma contextualização do espaço físico em volta do utilizador, e a direção para onde o utilizador se encontra virado esta representada simultaneamente em RA e mapa, dando ao utilizador a noção exata da sua localização, bem como da sua distância em relação aos POI.

4.4 Protótipo de Teste

Para a realização dos testes com utilizadores, foi necessário adaptar a solução de forma a contemplar a tarefa a realizar para cada uma das técnicas em estudo. Desta forma o ARWM possui dois botões que permitem mudar de vista em modo livre, ou em modo de tarefa, representado na Figura 4.2.



Figura 4.2 Botão à esquerda - tarefa. Botão à direita - modo livre.

O botão do lado esquerdo foi definido com sendo o modo tarefa. Cada clique no botão faz com que se altere a técnica a ser visualizada, de forma sequencial e circular. Neste modo os POI utilizados são sempre os mesmos, mas para cada uma das técnicas a posição deles são trocadas entre si, para evitar que o utilizador aprenda a posição dos POI na primeira técnica e vicié assim os resultados seguintes.

O botão à direita representa o modo livre em que são apresentados todos os pontos existentes na base de dados. Os pontos apresentados nas diferentes técnicas são dados reais, que representam caixas multibanco no mundo real, pelo que a sua posição não varia.

4.5 Estudo com Utilizadores

Nesta secção são apresentados os resultados do estudo com utilizadores e avaliados os resultados obtidos.

4.5.1. Participantes

Os testes foram realizados presencialmente com os utilizadores e levaram cerca de 30 minutos a serem realizados, dependendo das dificuldades dos mesmos.

O teste realizado neste estudo, contou com uma amostra de 14 utilizadores, que aceitaram realizar a tarefa já referida, sem receber qualquer tipo compensação. Destes, 11 são do género masculino e 3 são género feminino, 13 têm idades compreendidas entre os 25-34 anos e 1 com idade compreendia entre os 18-24 anos. Todos os 14 participantes possuem grau de licenciatura ou superior.

Destes, 11 exercem na área da consultoria informática (área ligada a tecnologias), 2 na área da educação social e 1 na área de gestão.

Os participantes foram ainda inquiridos, acerca se possuíam alguma experiência no uso de aplicações que envolvessem RA ou aplicações de pesquisa de informação georreferenciada, uma vez que se considerou esta informação relevante, na medida que poderia ter impacto na utilização da aplicação de testes por parte dos participantes.

Deste modo, dos 14 participantes inquiridos, (71.4%) nunca utilizaram aplicações de RA, sendo que os restantes (28.6%) já tinham utilizado aplicações de realidade aumentada.

Em relação ao uso de aplicações de pesquisa de informação georreferenciada, 8 dos inquiridos afirmaram já ter utilizado, enquanto que 6 nunca utilizaram tais aplicações.

4.5.2. Análise de Resultados

Após a realização da tarefa para cada uma das técnicas testadas pelos utilizadores, foi pedido aos mesmos para preencher o formulário SUS, de forma a obter respostas o mais assertivamente possível.

As questões do formulário SUS apresentadas aos utilizadores são citadas na Tabela 4.1.

Q1	Acho que gostaria de utilizar esta técnica com frequência.
Q2	Considere a técnica mais complexa do que necessário.
Q3	Achei a técnica fácil de utilizar.
Q4	Acho que necessitaria de ajuda de um técnico para conseguir utilizar esta técnica.
Q5	Considere que as várias funcionalidades desta técnica estavam bem integradas.
Q6	Achei que esta técnica tinha inconsistências.
Q7	Suponho que a maioria das pessoas aprenderia a utilizar rapidamente esta técnica.
Q8	Considere a técnica muito complicada de utilizar.
Q9	Senti-me muito confiante a utilizar esta técnica.
Q10	Tive que aprender muito antes de conseguir utilizar esta técnica.

Tabela 4.1 - Questionário SUS em Português

De forma a obter os resultados para as diferentes técnicas foram realizados os respetivos cálculos, de acordo com a fórmula de cálculo SUS. A pontuação do questionário SUS vai de 0 a 100 (de realçar novamente que não representa uma percentagem).

Neste projeto os cálculos foram realizados numa folha Excel previamente formatada com as respetivas fórmulas de cálculo SUS [33] com as fórmulas do cálculo SUS já mencionadas.

É importante referir novamente que, se o resultado obtido for superior a 68 considera-se que o formulário SUS é acima da média, e se a pontuação for abaixo de 68 é considerado abaixo da média.

As respostas dadas por cada um dos utilizadores, que permitiu os cálculos do questionário SUS para a técnica de RA com moldura + mapa são apresentadas na Tabela 4.2. A técnica de RA com moldura + mapa obteve uma pontuação de 76,25, obtendo assim um resultado acima da média do formulário SUS.

Participantes	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
1	3	4	5	1	4	4	5	1	4	1
2	3	4	3	3	3	3	3	4	3	3
3	4	3	4	2	4	2	2	3	3	3
4	5	1	5	2	5	1	4	1	5	1
5	4	3	5	4	5	4	5	1	4	1
6	5	1	5	1	5	1	5	1	5	2
7	4	1	5	2	5	2	5	1	5	1
8	5	1	5	1	5	5	2	1	5	1
9	5	3	5	2	5	1	5	1	5	2
10	4	1	5	1	5	2	3	2	5	1
11	4	2	4	3	4	2	4	1	4	3
12	4	3	4	4	3	2	3	1	4	1
13	5	4	3	5	5	1	2	3	2	3
14	5	2	5	4	4	2	3	1	5	3

Tabela 4.2 - Resultados dos testes para a técnica RA com moldura + mapa

Em relação à técnica RA com mini mapa as respostas ao questionário SUS podem ser consultadas na Tabela 4.3. Após os cálculos efetuados, esta técnica apresentou uma pontuação de 86,96, obtendo também um resultado acima da média segundo a pontuação do formulário SUS.

participantes	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
1	5	2	5	3	5	1	5	1	5	1
2	4	2	5	1	4	1	5	2	5	2
3	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2
4	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1
5	5	1	5	1	5	2	5	1	5	1
6	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1
7	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1
8	5	1	5	1	5	5	2	1	5	1
9	5	2	5	1	5	1	5	1	5	1
10	4	1	5	1	5	4	4	1	4	1
11	5	2	5	1	4	2	5	1	5	1
12	4	1	5	1	4	2	4	1	5	1
13	4	3	3	4	4	4	3	2	3	1
14	4	2	3	4	4	2	3	2	3	3

Tabela 4.3 Resultados dos testes para a técnica de RA com mini mapa

No que diz respeito à técnica de RA com radar, as respostas ao questionário SUS que permitiram efetuar os cálculos relativos a esta técnica são apresentadas na Tabela 4.4. Esta técnica apresentou o melhor resultado final com uma pontuação de 87,14.

Participantes	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
1	3	4	3	1	5	1	4	1	4	1
2	4	1	5	2	5	1	5	1	5	1
3	4	2	5	1	4	2	4	1	5	1
4	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1
5	4	2	4	1	5	1	2	1	4	1
6	5	1	5	1	5	1	5	1	5	2
7	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1
8	5	1	5	1	5	5	2	1	5	1
9	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1
10	4	2	4	3	3	2	4	2	4	1
11	4	2	5	1	4	2	5	2	4	2
12	4	1	5	1	4	2	5	1	5	1
13	5	2	4	2	5	1	5	1	3	2
14	4	2	4	3	4	3	3	2	4	3

Tabela 4.4 Resultados dos testes para a técnica de RA com radar

Deste modo, podemos concluir que todas as técnicas obtiveram um resultado do formulário SUS acima da média (Tabela 4.5). No entanto, é de realçar que de acordo com o questionário SUS, a técnica que teve uma melhor adaptação pelos utilizadores foi a técnica de RA com radar (que obteve a pontuação maior). É importante referir que os resultados da RA com radar foram muito próximos da técnica de RA com mini mapa. A técnica que apresentou uma pontuação menor, mas mesmo assim acima da média, foi a técnica de RA com moldura + mapa.

Teste	RA com moldura + mapa	RA com mini mapa	RA com radar
Média do valor do SUS	76,25	86,96	87,14

Tabela 4.5 Média do valor SUS para cada uma das técnicas testadas

Apesar dos resultados apresentados pelo questionário SUS terem sido bastante positivos para todas as técnicas, considerou-se importante realizar uma análise mais individualizada das respostas dos utilizadores. Assim, como já referido anteriormente, após o preenchimento dos formulários SUS relativamente às três técnicas testadas, os utilizadores responderam a uma pergunta final com o objetivo de identificarem a técnica

que mais gostaram de utilizar. Foi ainda solicitado aos utilizadores que justificassem a sua escolha. As respostas ao questionário aplicado aos participantes podem ser consultadas no Anexo C.

Apesar do resultado do teste SUS ter demonstrado que os utilizadores tiveram uma melhor adaptação na técnica de RA com radar, 9 dos utilizadores referiram preferir utilizar a técnica RA com mini mapa, enquanto que 3 dos participantes escolheram a técnica de RA com moldura + mapa e só 2 dos participantes optaram pela técnica RA com radar, como podemos verificar no gráfico da Figura 4.3.

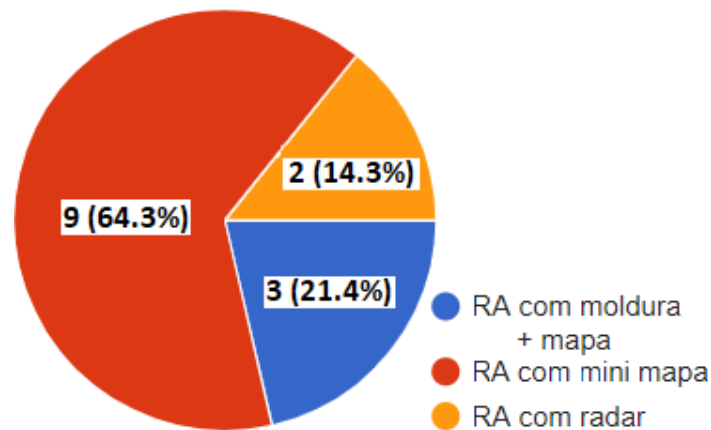


Figura 4.3 Gráfico de preferência dos participantes

As razões apresentadas pelos utilizadores para a escolha de cada técnica, foram muito idênticas entre si.

Os 9 utilizadores que referiram preferir a técnica de RA com mini mapa, apresentaram como justificação da sua escolha o facto de ser a técnica com mais informação contextualizada, apresentando um mapa que permite ter uma maior perceção da localização, bem como dos locais em redor. Por exemplo, o participante 7 refere que “Pelo contexto que dá à localização dos pontos de referencia, e noção de percurso a tomar!”; O participante 11 refere que “O mini mapa pareceu-me ser a técnica que oferecia mais informação e de forma mais agregada. Tem como grande vantagem em relação à técnica do radar o facto de dar logo uma contextualização geográfica dos edifícios e ruas envolventes e assim permite tomar antecipadamente melhores decisões.”; enquanto que o participante 12 refere que “tem melhor visibilidade que a primeira técnica e menos profundidade que a ultima tornando se mais intuitiva”.

Em relação aos 3 participantes que referiram preferir utilizar a técnica de RA com moldura mais mapa, estes referiram apenas que foi mais fácil e que os pontos *on-screen* e *off-screen* dentro e fora da moldura ajudaram a ter uma melhor perceção. Por exemplo, o participante 14 refere que “Porque permite ver o mapa e a realidade, e enquadra os pontos de referência na moldura e fora da moldura.”.

Os dois participantes dos testes que escolheram a técnica de RA com radar referiram que esta foi mais fácil de usar e que a observação de pontos se tornou mais fácil de interpretar do que as raquetes. Por exemplo, o participante 13 refere que “achei fácil de interpretar o radar. Facilita a observação dos pontos. São mais fáceis que as raquetes”.

De modo a conseguirmos ter ainda uma melhor noção da preferência dos utilizadores, foram seleccionadas 3 questões do formulário SUS, para serem comparadas entre as diferentes técnicas. Assim, escolheu-se a questão Q1 - “Acho que gostaria de utilizar esta técnica com frequência.”; a questão Q3 - “Achei a técnica fácil de utilizar.”; e a questão Q5 - “Considereei que as várias funcionalidades desta técnica estavam bem integradas.”.

É importante realçar novamente que para cada pergunta, os participantes tinham como opção de resposta uma escala com intervalo de valores de 1 a 5, em que 1 corresponde à opção de “discordo fortemente” e 5 “concordo plenamente”.

Relativamente à questão Q1, identificamos a técnica de RA com mini mapa como aquela que obteve um melhor resultado junto dos participantes, como podemos verificar através da comparação dos resultados apresentados nos gráficos da Figura 4.4, Figura 4.5 e Figura 4.6. A técnica de RA com mini mapa obteve a pontuação 5 por parte de 8 dos utilizadores (sendo a técnica com maior número de participantes a aferir a pontuação máxima), e pontuação 4 por parte dos restantes 6 participantes. A mesma questão nas outras duas técnicas (RA com moldura + mapa e RA com radar) dividiram um pouco mais os participantes, onde apesar de terem obtido a pontuação máxima por parte de 6 utilizadores (para ambas as técnicas), existiram ainda participantes a responder com a pontuação de 3 (2 participantes na técnica da RA com moldura + mapa e 1 participante na técnica de RA com radar).

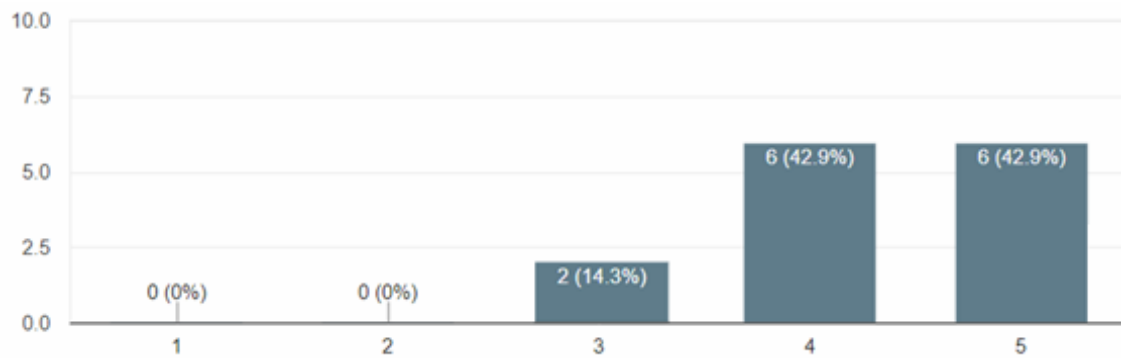


Figura 4.4 Respostas dos participantes à questão Q1 – RA com moldura + mapa

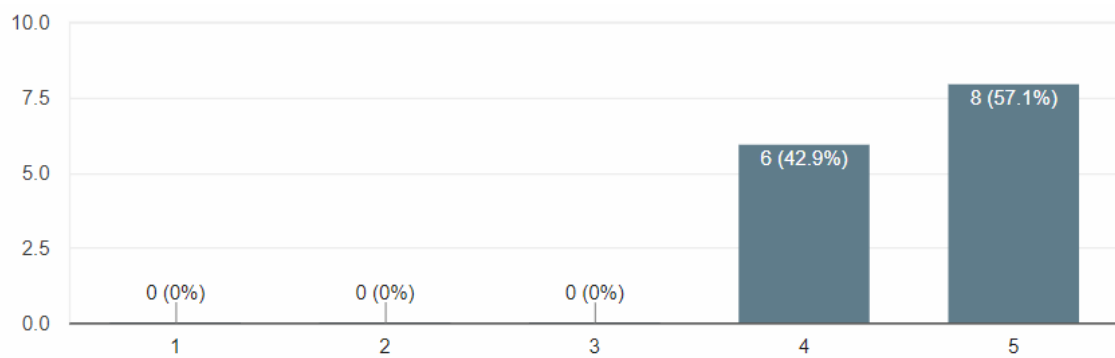


Figura 4.5 Respostas dos participantes à questão Q1 – RA com mini mapa

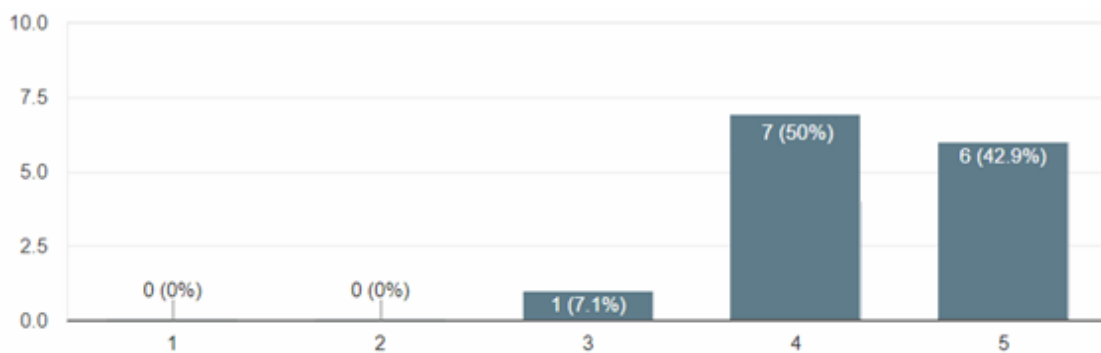


Figura 4.6 Respostas dos participantes à questão Q1 – RA com radar

Em relação à questão Q3, onde os utilizadores referiram se achavam a técnica fácil de usar, podemos verificar através da comparação dos gráficos da Figura 4.7, Figura 4.8 e Figura 4.9, que a técnica de RA com mini mapa foi novamente a técnica que obteve maior pontuação, com o maior número de respostas com o máximo da escala (concordo plenamente), onde 11 dos participantes deram assim a pontuação 5.

Apesar dos resultados nas restantes técnicas ser também bastante positivo, a pontuação mínima foi 3 (que se encontra a meio da escala), com 2 duas respostas para a técnica RA com moldura + mapa e apenas 1 resposta para a técnica de RA com radar.

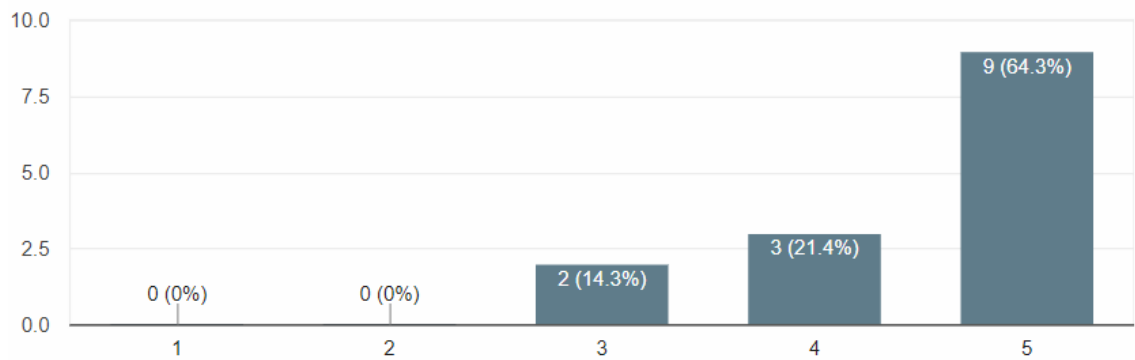


Figura 4.7 Respostas dos participantes à questão Q3 – RA com moldura + mapa

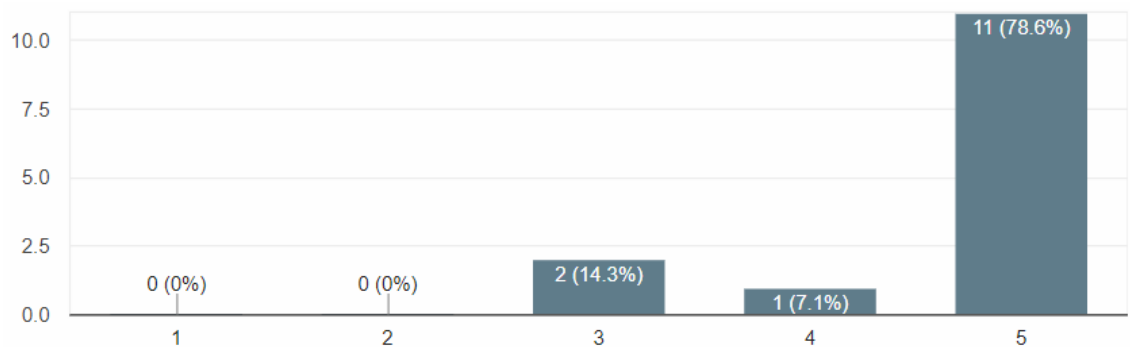


Figura 4.8 Respostas dos participantes à questão Q3 – RA com mini mapa

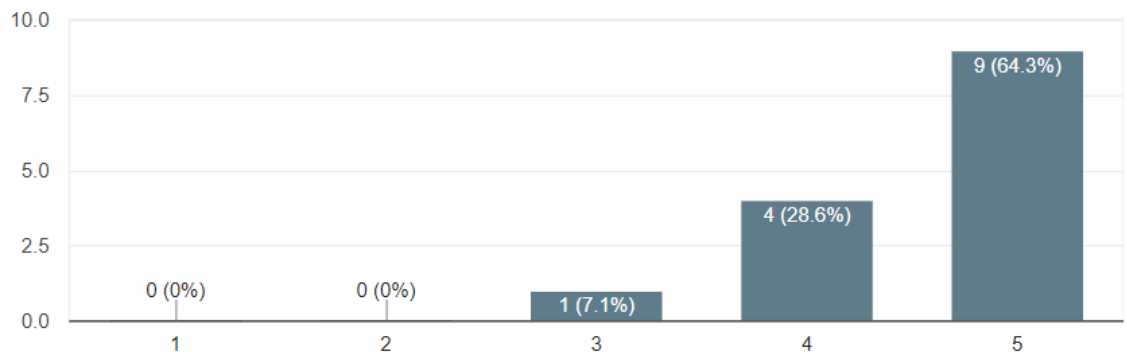


Figura 4.9 Respostas dos participantes à questão Q3 – RA com radar

De acordo com as respostas à questão Q5 – “Considerarei que as várias funcionalidades desta técnica estavam bem integradas.”, podemos verificar através dos resultados representados nos gráficos da Figura 4.10, Figura 4.11 e Figura 4.12, que a técnica de RA com radar obteve a melhor pontuação, onde 9 dos participantes atribuíram a pontuação máxima da escala. No entanto, verifica-se novamente que apesar dos bons resultados para as três técnicas (em que o valor mínimo dado pelos participantes foi 3), a técnica de RA com mini mapa foi a que mais coerência teve entre os participantes (avaliaram apenas com 4 ou 5 na escala).

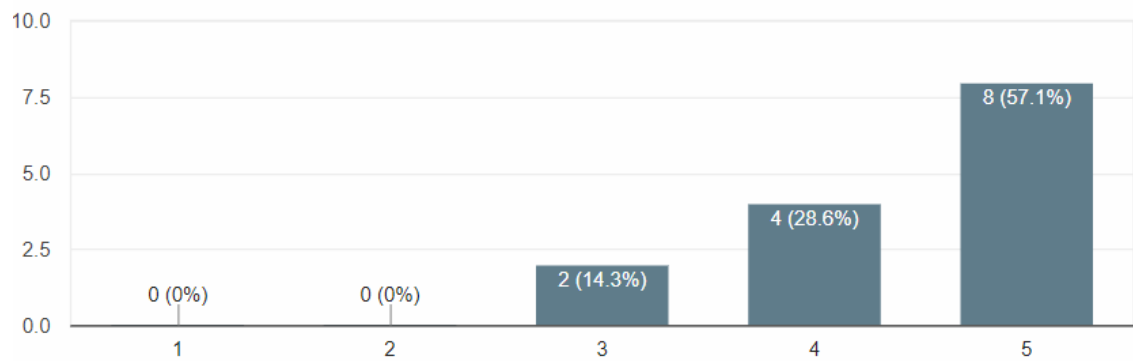


Figura 4.10 Respostas dos participantes à questão Q5 – RA com moldura + mapa

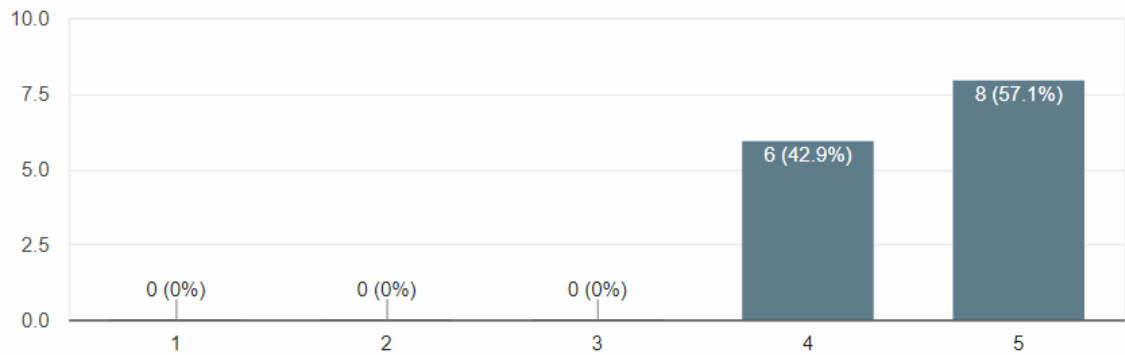


Figura 4.11 Respostas dos participantes à questão Q5 – RA com mini mapa

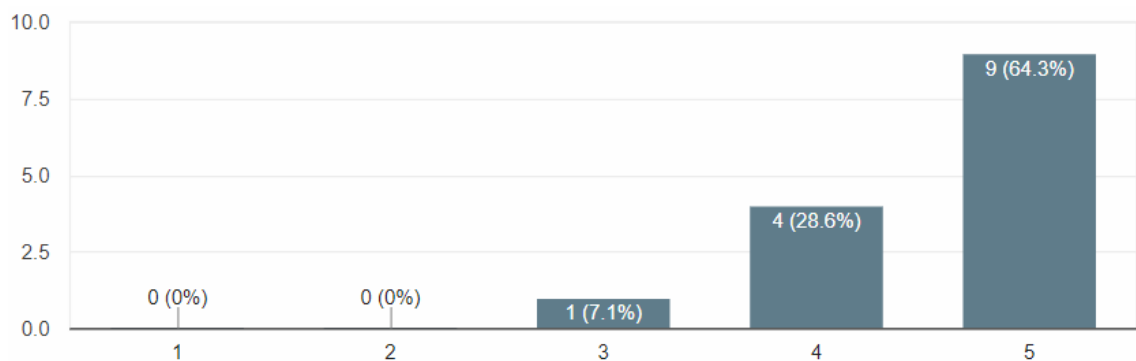


Figura 4.12 Respostas dos participantes à questão Q5 – RA com radar

Após análise dos diferentes dados, podemos assim confirmar que a opção preferida dos utilizadores é a técnica da RA com mini mapa, confirmando assim a hipótese número 1, apesar de se encontrar em segundo lugar na avaliação SUS. Por outro lado, a técnica que obteve a maior pontuação do formulário SUS, provando-se a técnica com melhor usabilidade, foi a técnica de RA com radar, comprovando assim a hipótese número 2.

4.6 Sumário e Discussão

Neste estudo podemos concluir que as três técnicas desenvolvidas (RA com moldura + mapa; RA com mini mapa e RA com radar) são uma opção viável de procura de pontos *off-screen*, uma vez que apresentaram todas uma pontuação a cima da média do questionário SUS e que todos os participantes conseguiram concluir a tarefa com sucesso nas diferentes técnicas.

Podemos ainda verificar que, apesar de todas serem opções viáveis, a técnica que teve uma melhor aceitação por parte dos participantes e que gerou mais concordância nas perguntas diretas sobre a preferência das técnicas, foi a técnica de RA com mini mapa. Esta técnica, que agrega na mesma imagem uma vista da realidade com os POI *on-screen*, fornece simultaneamente uma vista de um mapa (no canto superior esquerdo do ecrã) que indica não só, os pontos *on-screen* que o utilizador esta a ver na imagem real, como também, os pontos *off-screen* em redor do utilizador. O mapa permite ainda ao utilizador ter uma perceção daquilo que o rodeia (por exemplo: ruas, edifícios). Este resultado confirma assim a hipótese número 2, uma vez que a técnica escolhida como preferida pelos utilizadores foi a técnica de RA com mini mapa. Confirmou-se ainda as razões pelo qual esta técnica se tornou a eleita dos participantes.

Por outro lado, os resultados apresentados pelo questionário SUS vieram confirmar a hipótese número 1, dado que a técnica que obteve uma maior pontuação foi a técnica de RA com radar. Isto significa, que apesar das preferências dos utilizadores (RA com mini mapa), a técnica de RA com radar teve um melhor resultado em relação a usabilidade.

A escala de cores e transparência também se manifestou muito útil na ajuda ao utilizador para conseguir encontrar o ponto mais relevante. A diferença de cores, bem como a transparência permitem ao utilizador saber de imediato (quase sem aprendizagem) qual é o ponto que lhe é mais relevante, bem como lhe possibilita ter uma noção da distância.

5 Conclusão e Trabalho Futuro

Neste capítulo são apresentadas as conclusões finais, bem como o possível trabalho futuro.

5.1 Conclusão

O projeto ARWM consistiu na construção de três técnicas de visualização de pontos *off-screen* e *on-screen* em dispositivos móveis. Estas técnicas foram construídas tendo como base o trabalho já desenvolvido no projeto IAR [1], com o objetivo de explorar diferentes abordagens na procura de pontos *off-screen*.

Neste trabalho foram desenvolvidas, apresentadas e testadas as seguintes técnicas: RA com moldura + mapa; RA com mini mapa e RA com Radar.

De forma a avaliar as diferentes técnicas desenvolvidas, e perceber qual a técnica que poderá ter uma melhor aceitação junto dos utilizadores, foram realizados testes que consistiram em apresentar uma mesma tarefa para cada técnica, seguindo-se o preenchimento de um questionário SUS sobre a mesma.

A tarefa apresentada consistiu na procura e identificação do POI mais próximo e relevante do utilizador, esta tarefa era repetida nas três técnicas diferentes. Todos os utilizadores conseguiram concluir a tarefa com sucesso para as diferentes técnicas apresentadas.

Em relação aos resultados do questionário SUS, foram obtidos bons resultados para todas as técnicas, ou seja, as técnicas testadas e avaliadas obtiveram pontuações acima da média do questionário SUS. A técnica de RA com moldura + mapa obteve a pontuação de 76,25 (sendo a técnica com menor pontuação), seguindo-se a técnica de RA com mini mapa com um resultado de 86,96 e por fim, a técnica que apresentou uma maior pontuação foi a técnica de RA com radar com 87,14.

Deste modo, podemos concluir que a técnica que apresentou maior usabilidade de acordo com o formulário SUS, foi a técnica de RA com radar. No entanto, é importante referir que as pontuações foram muito próximas entre a técnica de RA com radar e a técnica de RA com mini mapa.

Ainda com base nos resultados SUS, onde todas as técnicas apresentaram resultados acima da média, podemos assim afirmar ser viável a implementação de qualquer das três técnicas na procura de pontos *off-screen*.

Apesar dos bons resultados para as três técnicas testadas (quer no sucesso da concretização da tarefa por parte dos utilizadores, quer pelos resultados SUS), os participantes no estudo escolheram como preferida para a procura de POI, a técnica de RA com mini mapa. Esta escolha foi fundamentada com o facto desta técnica apresentar numa única vista a realidade com a informação dos POI *on-screen* e um mapa (que se encontra no canto superior esquerdo do ecrã) que contém a informação dos POI *on-screen* e *off-screen*, ao mesmo tempo que permite ao utilizador ter uma contextualização geográfica em seu redor.

5.2 Trabalho Futuro

Apesar da conclusão bastante positiva em relação à aceitação das diferentes técnicas na procura dos POI *off-screen*, existem ainda fatores que podem ser melhorados, bem como diferentes hipóteses que podem ser testadas na procura da solução que melhor responda às necessidades dos utilizadores.

Ao longo deste estudo foi identificado como um aspeto a melhorar a representação da distância entre os POI (quadrados) que aparecem nas vistas de RA. Em situações em que os POI se encontram a distâncias semelhantes, torna-se de difícil perceção para o utilizador identificar a relação de distância entre os mesmos, sendo assim, mais difícil identificar o ponto mais próximo. Neste sentido, apresenta-se como uma sugestão de melhoria adicionar uma legenda de distância aos quadrados nestas situações.

Outro aspeto a melhorar tem a ver com a simbologia utilizada nos mapas, nomeadamente as raquetes. Ao longo do estudo verificou-se que algumas vezes, a base da raquete que indica o ponto exato onde o POI se encontra, dava a perceção ao utilizador que se encontrava no seu ângulo de visão, quando na realidade não estava. Esta pequena diferença induz o utilizador em erro. Como melhoria, poderia ser testada a simbologia utilizada na técnica do radar (pontos em vez que raquetes).

Uma vez que a diferenciação por cores para identificar a relevância se manifestou eficaz, poderá ser uma solução de leitura mais fácil para o utilizador, destacar o POI mais próximo e relevante de uma cor diferente.

Para além disso, podem ainda ser adicionadas novas técnicas na procura de pontos *off-screen*, como por exemplo as setas 3D.

E por último, como sugestão de melhoria, procurar testar a agregação de POI, quer na vista de RA como na vista de mapa, uma vez que em áreas muito populadas com POI existem sobreposições tornando difícil identificar todos os pontos.

6 Bibliografia

- [1] G. Silva, “Simbologia em Realidade Aumentada Móvel,” *EPCGI (Encontro Port. Comput. Gráfica e Interação)*, 2015.
- [2] M. Alessandro, A. Dünser, and D. Schmalstieg, “Zooming interfaces for augmented reality browsers,” *Proc. 12th Int. Conf. Hum. Comput. Interact. with Mob. devices Serv. - MobileHCI '10*, p. 161, 2010 [Online]. Disponível em: <http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=1851600.1851629>
- [3] P. Milgram, H. Takemura, a Utsumi, and F. Kishino, “Mixed Reality (MR) Reality-Virtuality (RV) Continuum,” *Syst. Res.*, vol. 2351, no. Telemanipulator and Telepresence Technologies, pp. 282–292, 1994 [Online]. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.83.6861&rep=rep1&type=pdf>
- [4] R. Azuma, “A survey of augmented reality,” *Presence Teleoperators Virtual Environ.*, vol. 6, no. 4, pp. 355–385, 1997 [Online]. Disponível em: <http://scholar.google.com/scholar?q=intitle:A+Survey+of+Augmented+Reality#0>
- [5] E. Bostanci, N. Kanwal, S. Ehsan, and A. Clark, “User Tracking Methods for Augmented Reality,” *Int. J. Comput. Theory Eng.*, vol. 5, no. 1, pp. 93–98, 2013 [Online]. Disponível em: <http://www.ijcte.org/papers/654-W00164.pdf>
- [6] O. Bimber and R. Raskar, “Modern approaches to augmented reality,” *ACM SIGGRAPH 2006 Courses*, p. 1, 2006 [Online]. Disponível em: <http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=1185657.1185796%5Cnhttp://dl.acm.org/citation.cfm?id=1185796>
- [7] H. Hua, “A Head-Mounted Projective Display and its Applications in Interactive Augmented Environments,” vol. 57, no. 2, p. 2001, 2001.
- [8] D. W. F. van Krevelen and R. Poelman, “A Survey of Augmented Reality Technologies, Applications and Limitations,” *Int. J. Virtual Real.*, vol. 9, no. 2, pp. 1–20, 2010.
- [9] R. Azuma, “The challenge of making augmented reality work outdoors,” *Mix. Real. Merging real virtual worlds*, no. Chapter 21, pp. 379–390, 1999 [Online]. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.34.3364&rep=rep1&type=pdf>
- [10] J. L. Gabbard, J. E. Swan, and D. Hix, “The Effects of Text Drawing Styles, Background Textures, and Natural Lighting on Text Legibility in Outdoor Augmented Reality,” *Presence Teleoperators Virtual Environ.*, vol. 15, no. 1, pp. 16–32, 2006.
- [11] J. Carmigniani, B. Furht, M. Anisetti, P. Ceravolo, E. Damiani, and M. Ivkovic, “Augmented reality technologies, systems and applications,” *Multimed. Tools Appl.*, vol. 51, no. 1, pp. 341–377, 2011.
- [12] D. Marimon and C. Sarasua, “MobiAR: Tourist Experiences through Mobile Augmented Reality,” *Telef. Res.*, no. August 2016, 2010 [Online]. Disponível em: http://nem-summit.eu/wp-content/plugins/alcyonis-event-agenda/files/NEM2010_Mobiar_final.pdf
- [13] J. Kastrenakes, “GPS will be accurate within one foot in some phones next year - The Verge.” [Online]. Disponível em: <https://www.theverge.com/circuitbreaker/2017/9/25/16362296/gps-accuracy-improving-one-foot-broadcom>. [Acedido: 05-Sep-2017]

- [14] S. Burigat, L. Chittaro, and S. Gabrielli, "Navigation techniques for small-screen devices: An evaluation on maps and web pages," *Int. J. Hum. Comput. Stud.*, vol. 66, no. 2, pp. 78–97, 2008.
- [15] R. P. Darken and H. Cevik, "Map Usage in Virtual Environments : Orientation Issues," 1999.
- [16] P. Baudisch and R. Rosenholtz, "Halo: a technique for visualizing off-screen objects," *Chi*, no. 5, pp. 481–488, 2003.
- [17] T. Gonçalves, A. Afonso, M. Carmo, and P. Pombinho, "HaloDot: Visualization of the Relevance of Off-Screen Objects," *Proc SIACG '11*, vol. xx, pp. 117–120, 2011.
- [18] H. Jo, S. Hwang, H. Park, and J. H. Ryu, "Aroundplot: Focus+context interface for off-screen objects in 3D environments," *Comput. Graph.*, vol. 35, no. 4, pp. 841–853, 2011 [Online]. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cag.2011.04.005>
- [19] A. Cockburn, A. Karlson, and B. B. Bederson, "A review of overview+ detail, zooming, and focus+ context interfaces," *ACM Comput. Surv.*, vol. 41, no. 1, pp. 1–42, 2008 [Online]. Disponível em: <http://doi.acm.org/10.1145/1456650.1456652><http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1456652>
- [20] D. Jäckle, F. Stoffel, B. C. Kwon, D. Sacha, A. Stoffel, and D. A. Keim, "Ambient Grids: Maintain Context-Awareness via Aggregated Off-Screen Visualization," *Eurographics Conf. Vis. (EuroVis '15)*, 2015.
- [21] T. Siu and V. Herskovic, "SidebARs: Improving awareness of off-screen elements in mobile augmented reality," *Proceedings of the 2013 Chilean Conference on Human - Computer Interaction - ChileCHI '13*. pp. 36–41, 2013 [Online]. Disponível em: <http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=2535597.2535608>
- [22] L. Perea, P., Morand, D., & Nigay, "[POSTER] Halo3D: A Technique for Visualizing Off-Screen Points of Interest in Mobile Augmented Reality," *Mix. Augment. Real. (ISMAR-Adjunct), 2017 IEEE Int. Symp. (pp. 170-175). IEEE.*, vol. 3267, pp. 3–8, 2017.
- [23] A. Agarwal *et al.*, "International Journal of Computer Sciences Mobile Application Development with Augmented Reality," no. 5, pp. 20–25, 2014.
- [24] "Android Developers - Fragments." [Online]. Disponível em: <https://developer.android.com/guide/components/fragments>. [Acedido: 20-Jul-2018]
- [25] "Android Developers - View." [Online]. Disponível em: <https://developer.android.com/reference/android/view/View>. [Acedido: 26-Jul-2018]
- [26] "Android Developers - GoogleApiClient." [Online]. Disponível em: <https://developers.google.com/android/reference/com/google/android/gms/common/api/GoogleApiClient>. [Acedido: 03-Aug-2018]
- [27] "Android Developers - SensorManager." [Online]. Disponível em: <https://developer.android.com/reference/android/hardware/SensorManager>. [Acedido: 05-Aug-2018]
- [28] "Android Developers - Sensors Overview." [Online]. Disponível em: https://developer.android.com/guide/topics/sensors/sensors_overview. [Acedido: 12-Aug-2018]
- [29] "Working with sensor-based orientation · Advanced Android Development Course-Practicals." [Online]. Disponível em: <https://google-developer-training.gitbooks.io/android-developer-advanced-course-practicals/unit-1-expand-the-user-experience/lesson-3-sensors/3-2-p-working-with-sensor-based-orientation/3-2-p>

working-with-sensor-based-orientation.html. [Acedido: 10-Aug-2018]

- [30] "Android Developers - Canvas." [Online]. Disponível em: <https://developer.android.com/reference/android/graphics/Canvas>. [Acedido: 17-Aug-2018]
- [31] J. Brooke, "SUS - A quick and dirty usability scale," *Usability Eval. Ind.*, vol. 189, no. 194, pp. 4–7, 1996 [Online]. Disponível em: <http://hell.meiert.org/core/pdf/sus.pdf>
- [32] A. I. Martins, A. F. Rosa, A. Queirós, A. Silva, and N. P. Rocha, "European Portuguese Validation of the System Usability Scale (SUS)," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 67, no. Dsai, pp. 293–300, 2015 [Online]. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.procs.2015.09.273>
- [33] "System usability scale - calculator - Process & Techniques - UX Mastery Community." [Online]. Disponível em: <https://community.uxmastery.com/t/system-usability-scale-calculator/3347/8>. [Acedido: 28-Aug-2018]

7 Anexos

Anexo A – Questionário Realizado aos Utilizadores

Realidade aumentada com mapas

Questionário - procura de pontos off-screen utilizando diferentes técnicas

* Required

Pré questionário

1. **Género** * *Mark only one oval.*

- ☐ M
☐ F

2. **Idade** * *Mark only one oval.*

- ☐ 18 - 24
☐ 25 - 34
☐ 35 - 45
☐ > 45

3. **Profissão**

4. **Já utilizou aplicações de realidade aumentada?** * *Mark only one oval.*

- ☐ Sim. *Skip to question 5.*
☐ Não. *Skip to question 9.*

5. **Com que objetivos?** *

6. **Com que frequência as utiliza?** * *Mark only one oval.*

- ☐ Raramente.
☐ Poucas vezes.
☐ Algumas vezes.
☐ Muitas vezes.

7. Qual a aplicação de realidade aumentada que mais utiliza? *

8. Encontra algum tipo de dificuldades na utilização deste tipo de aplicações? Quais? *

9. Está familiarizado com aplicações que lhe permitam ter conhecimento da existência de objectos/itens fora da área visível no ecrã? * *Mark only one oval.*

☐ Sim. *Skip to question 10.*

☐ Não. *Skip to question 13.*

10. Como é que tal é indicado? *

11. Que aplicações? *

12. Com que frequência as utiliza? * *Mark only one oval.*

☐ Raramente.

☐ Poucas vezes.

☐ Algumas vezes.

☐ Muitas vezes.

13. Já utilizou aplicações de pesquisa de informação georreferenciada?

* *Mark only one oval.*

☐ Sim. *Skip to question 14.*

☐ Não *Skip to "Contexto da experiência."*

14. Com que objetivos? *

15 Com que frequência as utiliza? *

Mark only one oval.

- ☐ Raramente.
- ☐ Poucas vezes.
- ☐ Algumas vezes.
- ☐ Muitas vezes.

16. Qual a aplicação que mais utiliza? *

17. Encontra algum tipo de dificuldades na utilização deste tipo de aplicações? Quais?

Contexto da experiência

ARWithMaps é uma aplicação com o objetivo de comparar 3 técnicas de procura de pontos off-screen recorrendo ao uso da realidade aumentada e de mapas 2D.

Simbologia:

Relevância: é representada pela cor, sendo o vermelho o mais relevante e o azul o menos. Dentro da mesma cor, não existem pontos mais relevantes que outros.

Distância: A distância de um ponto ao utilizador é representada pelo tamanho e transparência dos símbolos – quanto mais longe, mais pequenos e mais transparentes são os símbolos.

Como os pontos menos relevantes são sempre mais transparentes que os mais relevantes, para avaliar a distância dos pontos através da transparência, deve comparar-se apenas a transparência dos símbolos com a mesma relevância.

Sinalização off-screen: pode ser representada pela colocação de símbolos nas molduras laterais do ecrã. A posição do símbolo na moldura representa a rotação necessária para que o símbolo entre na área visível do ecrã. Os pontos off-screen podem também ser sinalizados simulando um radar.

Agregação on-screen: Representada através da formação de pilhas, que agregam pontos muito próximos entre si. Cada pilha mostra um número, indicativo do número de pontos agregados, e toma a cor e tamanho do ponto mais relevante e mais próximo.

Antes do início da experiência o utilizador tem oportunidade de experimentar livremente cada uma das técnicas.

Tarefa Questionário SUS (TopDown)

18. **Acho que gostaria de utilizar esta técnica com frequência.**

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo fortemente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo plenamente

19 **Considerarei a técnica mais de complexa do que necessário.** *Mark only one oval.*

	1	2	3	4	5	
Discordo fortemente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo plenamente

20 **Achei a técnica fácil de utilizar.** *Mark only one oval.*

	1	2	3	4	5	
Discordo fortemente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo plenamente

21 **Acho que necessitaria de ajuda de um técnico para conseguir utilizar esta técnica.**

Mark only one oval

	1	2	3	4	5	
Discordo fortemente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo plenamente

22 **Considerarei que as várias funcionalidades desta técnica estavam bem integradas.**

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo fortemente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo plenamente

23 **Achei que esta técnica tinha inconsistências.** *Mark only one oval.*

	1	2	3	4	5	
Discordo fortemente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo plenamente

24 **Suponho que a maioria das pessoas aprenderia a utilizar rapidamente esta técnica.**

Mark only one oval

	1	2	3	4	5	
Discordo fortemente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo plenamente

25 **Considere a técnica muito complicada de utilizar.** *Mark only one oval.*

	1	2	3	4	5	
Discordo fortemente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo plenamente

26 **Senti-me muito confiante a utilizar esta técnica.** *Mark only one*

	1	2	3	4	5	
Discordo fortemente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo plenamente

27 **Tive que aprender muito antes de usar esta técnica.** *Mark only one*

	1	2	3	4	5	
Discordo fortemente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo plenamente

Questionário SUS (Mini-mapa)

28 **Acho que gostaria de utilizar esta técnica com frequência.** *Mark only one oval.*

	1	2	3	4	5	
Discordo fortemente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo plenamente

29 **Considere a técnica mais complexa do que necessário.** *Mark only one oval.*

	1	2	3	4	5	
Discordo fortemente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo plenamente

30 **Achei a técnica fácil de utilizar.** *Mark only one oval.*

	1	2	3	4	5	
Discordo fortemente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo plenamente

31 **Acho que necessitaria de ajuda de um técnico para conseguir utilizar esta técnica.**

Mark only one oval

	1	2	3	4	5	
Discordo fortemente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo plenamente

32 **Considere que as várias funcionalidades desta técnica estavam bem integradas.**

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo fortemente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo plenamente

33 **Achei que esta técnica tinha inconsistências.** *Mark only one oval.*

	1	2	3	4	5	
Discordo fortemente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo plenamente

34 **Suponho que a maioria das pessoas aprenderia a utilizar rapidamente esta técnica.**

Mark only one oval

	1	2	3	4	5	
Discordo fortemente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo plenamente

35 **Considere que a técnica muito complicada de utilizar.** *Mark only one oval.*

	1	2	3	4	5	
Discordo fortemente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo plenamente

36 **Senti-me muito confiante a utilizar esta técnica.** *Mark only one*

	1	2	3	4	5	
Discordo fortemente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo plenamente

37 **Tive que aprender muito antes de usar esta técnica.** *Mark only one*

	2	2	3	4	5	
Discordo fortemente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo plenamente

Questionário SUS (Radar)

18. **Acho que gostaria de utilizar esta técnica com frequência.**

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo fortemente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo plenamente

38 **Considerarei a técnica mais de complexa do que necessário.** *Mark only one oval.*

	1	2	3	4	5	
Discordo fortemente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo plenamente

39 **Achei a técnica fácil de utilizar.** *Mark only one oval.*

	1	2	3	4	5	
Discordo fortemente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo plenamente

40 **Acho que necessitaria de ajuda de um técnico para conseguir utilizar esta técnica.**

Mark only one oval

	1	2	3	4	5	
Discordo fortemente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo plenamente

41 **Considerarei que as várias funcionalidades desta técnica estavam bem integradas.**

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	
Discordo fortemente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo plenamente

42 **Achei que esta técnica tinha inconsistências.** *Mark only one oval.*

	1	2	3	4	5	
Discordo fortemente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo plenamente

43 **Suponho que a maioria das pessoas aprenderia a utilizar rapidamente esta técnica.**

Mark only one oval

	1	2	3	4	5	
Discordo fortemente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo plenamente

44 **Considere a técnica muito complicada de utilizar.** *Mark only one oval.*

	1	2	3	4	5	
Discordo fortemente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo plenamente

45 **Senti-me muito confiante a utilizar esta técnica.** *Mark only one*

	1	2	3	4	5	
Discordo fortemente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo plenamente

46 **Tive que aprender muito antes de usar esta técnica.** *Mark only one*

	3	2	3	4	5	
Discordo fortemente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Concordo plenamente

47 **Qual a técnica que mais gostou?** * *Mark only one oval.*

- ☐ RA com moldura + mapa
- ☐ RA com mini mapa
- ☐ RA com radar

49. **Porquê?** *

Anexo B – Formulário de Consentimento Informado



Ciências
ULisboa

**Comissão de Ética para a Recolha e
Protecção de Dados de Ciências**

Formulário de Consentimento Informado

V2, 1-2-2018

PROJECTO: Realidade Aumentada móvel combinada com mapas

INVESTIGADOR RESPONSÁVEL: Miguel Melo

Agradecemos o seu interesse e colaboração neste estudo.

Por favor, preencha o formulário que se segue. Receberá uma cópia quando sair.

1. Confirmo que li e compreendi o folheto informativo associado ao projecto.

☐

2. Foi-me dada a oportunidade de ler e considerar a informação apresentada, e fazer perguntas, as quais foram respondidas de forma satisfatória.

☐

3. Compreendo que a minha participação é voluntária e que sou livre de desistir do estudo em qualquer altura, sem ter que dar quaisquer explicações e sem quaisquer consequências.

☐

4. Compreendo que os dados recolhidos durante o estudo possam ser do conhecimento dos membros da equipa de investigação, sempre que necessário para o estudo. Autorizo que os membros da equipa tenham acesso a esses dados.

☐

5. Compreendo que, caso esta investigação venha a ser publicada, todos os dados serão mantidos anónimos e nenhuma informação será identificável como sendo minha.

☐

6. Gostaria que me fosse enviado o relatório final do estudo.

☐

O meu endereço de e-mail é: _____

7. Gostaria de ser contactado para o endereço acima acerca de sessões ou estudos adicionais relacionados com este estudo.

☐

Anexo C – Resultados dos Questionários aos Utilizadores

Participante	Género	Idade	Profissão	Já utilizou aplicações de realidade aumentada?	Com que objetivos?	Com que frequência as utiliza?	Qual a aplicação de realidade aumentada que mais utiliza?
1	M	25 - 34	Consultor	Sim.	Experimentar	Raramente.	Uma de moveis
2	M	25 - 34	Consultor	Não.			
3	M	25 - 34	Consultor	Sim.	Para experimentar	Poucas vezes.	Ultimamente nenhuma
4	F	25 - 34	Consultora informática	Não.			
5	M	25 - 34	Consultor	Não.			
6	M	25 - 34	Consultor	Não.			
7	M	25 - 34	Informático	Sim.	Capturar pokemons	Algumas vezes.	Pokemon go
8	M	25 - 34	Consultor	Não.			
9	M	18 - 24	Consultor	Não.			
10	M	25 - 34	Consultor	Não.			
11	M	25 - 34	Consultor	Sim.	Jogos	Raramente.	Pokemon Go
12	M	25 - 34	Gestor	Não.			
13	F	25 - 34	Educadora Social	Não.			
14	F	25 - 34	Educadora Social	Não.			

Participante	Encontra algum tipo de dificuldades na utilização deste tipo de aplicações? Quais?	Está familiarizado com aplicações que lhe permitam ter conhecimento da existência de objectos/itens fora da área visível no ecrã?	Como é que tal é indicado?	Que aplicações?	Com que frequência as utiliza?
1	Não utilizei muitas, pelo que não consigo indicar as dificuldades.	Não.			
2		Não.			
3	Calibrações, identificação do plano/espço onde está	Sim.	A aplicação que conheço usava a camera, e consoante para onde se apontava, aparecia os pontos de interesse, às vezes agrupados, com indicação da distância a que me encontrava.	Nokia city lens	Poucas vezes.
4		Não.			
5		Não.			
6		Não.			
7	Nenhun	Sim.	Objeto animado	Pokemon go	Algumas vezes.
8		Sim.	Icon e setas	Mapas	Muitas vezes.
9		Não.			
10		Não.			
11	É difícil fixar pontos	Não.			
12		Não.			
13		Não.			
14		Não.			

Participante	Já utilizou aplicações de pesquisa de informação georreferenciada?	Com que objetivos?	Com que frequência as utiliza?	Qual a aplicação que mais utiliza?	Encontra algum tipo de dificuldades na utilização deste tipo de aplicações? Quais?
1	Não				
2	Não				
3	Não				
4	Sim.	Procurar locais	Algumas vezes.	Google maps	
5	Sim.	Orientação	Poucas vezes.	Google maps	Não
6	Não				
7	Não				
8	Sim.	Encontrar locais e direções	Muitas vezes.	Waze	Não
9	Não				
10	Sim.	Obter indicações	Algumas vezes.	Google Maps	Não
11	Sim.	Registo de informação geográfica	Muitas vezes.	Google maps	definir posicionamento com precisão
12	Sim.	ver localizações	Poucas vezes.	google earth, google maps	
13	Sim.	GPS	Muitas vezes.	Waze	Não.
14	Sim.	pesquisa de localidades	Algumas vezes.	google maps	

Técnica de RA com moldura + Mapa										
Participante	Acho que gostaria de utilizar esta técnica com frequência.	Considere a técnica mais complexa do que necessário.	Achei a técnica fácil de utilizar.	Acho que necessitaria de ajuda de um técnico para conseguir utilizar esta técnica.	Considere que as várias funcionalidades desta técnica estavam bem integradas.	Achei que esta técnica tinha inconsistências.	Suponho que a maioria das pessoas aprenderia a utilizar rapidamente esta técnica.	Considere a técnica muito complicada de utilizar.	Senti-me muito confiante a utilizar esta técnica.	Tive que aprender muito antes de conseguir utilizar esta técnica.
1	3	4	5	1	4	4	5	1	4	1
2	3	4	3	3	3	3	3	4	3	3
3	4	3	4	2	4	2	2	3	3	3
4	5	1	5	2	5	1	4	1	5	1
5	4	3	5	4	5	4	5	1	4	1
6	5	1	5	1	5	1	5	1	5	2
7	4	1	5	2	5	2	5	1	5	1
8	5	1	5	1	5	5	2	1	5	1
9	5	3	5	2	5	1	5	1	5	2
10	4	1	5	1	5	2	3	2	5	1
11	4	2	4	3	4	2	4	1	4	3
12	4	3	4	4	3	2	3	1	4	1
13	5	4	3	5	5	1	2	3	2	3
14	5	2	5	4	4	2	3	1	5	3

Técnica de RA com mini mapa										
Participante	Acho que gostaria de utilizar esta técnica com frequência.	Considere a técnica mais de complexa do que necessário.	Achei a técnica fácil de utilizar.	Acho que necessitaria de ajuda de um técnico para conseguir utilizar esta técnica.	Considere que as várias funcionalidades desta técnica estavam bem integradas.	Achei que esta técnica tinha inconsistências.	Suponho que a maioria das pessoas aprenderia a utilizar rapidamente esta técnica.	Considere a técnica muito complicada de utilizar.	Senti-me muito confiante a utilizar esta técnica.	Tive que aprender muito antes de conseguir utilizar esta técnica.
1	5	2	5	3	5	1	5	1	5	1
2	4	2	5	1	4	1	5	2	5	2
3	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2
4	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1
5	5	1	5	1	5	2	5	1	5	1
6	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1
7	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1
8	5	1	5	1	5	5	2	1	5	1
9	5	2	5	1	5	1	5	1	5	1
10	4	1	5	1	5	4	4	1	4	1
11	5	2	5	1	4	2	5	1	5	1
12	4	1	5	1	4	2	4	1	5	1
13	4	3	3	4	4	4	3	2	3	1
14	4	2	3	4	4	2	3	2	3	3

Técnica de RA com radar										
Participante	Acho que gostaria de utilizar esta técnica com frequência.	Considere a técnica mais complexa do que necessário.	Achei a técnica fácil de utilizar.	Acho que necessitaria de ajuda de um técnico para conseguir utilizar esta técnica.	Considere que as várias funcionalidades desta técnica estavam bem integradas.	Achei que esta técnica tinha inconsistências.	Suponho que a maioria das pessoas aprenderia a utilizar rapidamente esta técnica.	Considere a técnica muito complicada de utilizar.	Senti-me muito confiante a utilizar esta técnica.	Tive que aprender muito antes de conseguir utilizar esta técnica.
1	3	4	3	1	5	1	4	1	4	1
2	4	1	5	2	5	1	5	1	5	1
3	4	2	5	1	4	2	4	1	5	1
4	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1
5	4	2	4	1	5	1	2	1	4	1
6	5	1	5	1	5	1	5	1	5	2
7	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1
8	5	1	5	1	5	5	2	1	5	1
9	5	1	5	1	5	1	5	1	5	1
10	4	2	4	3	3	2	4	2	4	1
11	4	2	5	1	4	2	5	2	4	2
12	4	1	5	1	4	2	5	1	5	1
13	5	2	4	2	5	1	5	1	3	2
14	4	2	4	3	4	3	3	2	4	3

Participante	Qual a técnica que mais gostou?	Porquê?
1	Mini-mapa	Era muito mais facil de perceber qual a caixa mais perto de nos
2	Radar	Foi mais facil de usar
3	Mini-mapa	Diria que é um empate entre o mini mapa e o radar, porque ja disponibilizam a informação georeferencial no ecrã. Contudo, como o mini mapa apresenta o mapa, acho que ajuda mais uma pessoa a situar-se
4	Mini-mapa	Para quem esta habituado a utilizar o google maps é mais facil identificar os pontos mais proximos
5	Mini-mapa	A mistura de mini mapa com a ra foi a que mais me ajudou a localizar e sentir mais confiante
6	RA com moldura	Mais facil
7	Mini-mapa	Pelo contexto que dá à localização dos pontos de referencia, e noção de percurso a tomar!
8	RA com moldura	Prefiro o minimapa, mas dou mais importancia a poder ver mais longe, caso nao haja nenhum ponto me maior importancia perto suficiente o minimapa nao chega, uma juncao das duas seria o ideal
9	Mini-mapa	Mais facil de usar
10	Mini-mapa	Mais intuitiva
11	Mini-mapa	O Mini-mapa pareceu-me ser a técnica que oferecia mais informação e de forma mais agregada. Tem como grande vantagem em relação à técnica do radar o facto de dar logo uma contextualização geográfica dos edificios e ruas envolventes e assim permite tomar antecipadamente melhores decisões.
12	Mini-mapa	tem melhor visibilidade que a primeira tecnica e menos profundidade que a ultima tornando se mais intuitiva
13	Radar	achei fácil de interpretar o radar. facilita a observação dos pontos. os pontos são mais fáceis que as raquetes
14	RA com moldura	Porque permite ver o mapa e a realidade, e enquadra os pontos de referência na moldura e fora da moldura.